

Jonatan Mattson

Kaukolämpöpumppaamon sähkö- ja automaattiosaneerauksen suunnittelu

Laanilan kaukolämpöpumppaamo

Kaukolämpöpumppaamon sähkö- ja automaatiosaneerauksen suunnittelu

Laanilan kaukolämpöpumppaamo

Jonatan Mattson
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka, sähkövoimatekniikka

Tekijä: Jonatan Mattson
Opinnäytetyön nimi: Kaukolämpöpumppaamon sähkö- ja automaatisaneerauksen suunnittelu, Laanilan kaukolämpöpumppaamo
Työn ohjaajat: Esa Silomaa (Oamk), Jukka Kilvelä (Oulun Energia Oy)
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018
Sivumäärä: 49 + 11 liitettä

Työssä käsitellään kaukolämpöpumppaamon sähkö- ja automaatisaneeraussuunnitelman laatimista. Uusien sähkö- ja automaatisuunnitelmien laatiminen oli ajankohtaista kaukolämpöpumppaamon iän vuoksi. Opinnäytetyö tehtiin talven 2017–2018 aikana Oulun Energian toimeksi antamana.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja laatia kokonaan uudet sähkö- ja automaatisuunnitelmat Laanilan kaukolämpöpumppaamoon toiminnan nykyaikaistamiseksi. Työssä keskityttiin kaukolämpöpumppujen sähkömoottoreiden sekä niitä syöttävien taajuusmuuttajien uusimiseen, kaukolämpöputkistojen sulkuventtiileiden sähkötoimilaitteiden nykyaikaistamiseen, automaatiojärjestelmän päivittämiseen ja Laanilan kaukolämpöpumppaamon ryhmäkeskuksen uusimiseen. Työn yhtenä osana oli laatia kustannusarvio Laanilan kaukolämpöpumppaamon nykyaikaistamisesta. Kustannusarviota ei esitetä tässä työssä.

Opinnäytetyön aikana valmistuneita sähkö- ja automaatisuunnitelmia sekä kustannusarviota hyödynnetään tulevassa Laanilan kaukolämpöpumppaamon sähkösaneerauksessa. Lisäksi Oulun Energian kaukolämpöpumppaamojen samankaltaisuuden vuoksi opinnäytetyötäni voidaan hyödyntää muissa kaukolämpöpumppaamojen sähkö- ja automaatisaneeraussuunnitelmissa.

Asiasanat: sähkösaneeraus, kaukolämpöpumppaamo, taajuusmuuttaja, sähkömoottori, sähkötoimilaite, mittainstrumentti, automaatiojärjestelmä, laakerivirta

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree programme in electrical and automation engineering, Electrical power engineering

Author: Jonatan Mattson

Title of thesis: Planning the Electric and Automation Renewal of the District Heating Pumping Plant, Laanila District Heating Pumping Plant.

Supervisors: Esa Silomaa (Oamk), Jukka Kilvelä (Oulun Energia Oy)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018

Number of pages: 49 + 11 appendices

This thesis deals with the design of the electric and automation renewal plan of a district heating pumping plant. The designing of the new electrical and automation plans was timely due to the age of the district heating pump plant age. The thesis was made during the winter 2017-2018 and commissioned by Oulun Energia.

The purpose of the thesis was to compile and design completely new electrical and automation plans for Laanila district heating pumping plant to modernize its operations. The focus of the thesis was on the renewal of the electric motors and the frequency changer feeding them, the modernization of the electric actuators of the district heating pipe shut off valves, the updating of the automation system and the renewal of the electrical distribution center of Laanila district heating pumping plants. One part of the thesis was to prepare a cost estimate for the modernization of the Laanila district heat pumping plant. The cost estimate is not presented in this thesis.

The electrical and automation plans that was completed during the thesis work as well as the cost estimate will be utilized in the forthcoming electrical renovation of Laanila district heating pumping plant. In addition, due to the similarity of Oulun Energia's district heat pumping plants, my thesis work can be utilized in other electric and automation renewal plans of district heating pumps.

Keywords: electric modernization, district heating pump station, electric motor, frequency changer, electric actuator, measurement gauge, automation system, bearing currents

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
SANASTO.....	7
1 JOHDANTO.....	9
2 OULUN ENERGIA OY -KONSERNI.....	10
3 LAANILAN KAUKOLÄMPÖPUMPPAAMO.....	11
3.1 Laitteistopäivityksen tarve.....	11
3.2 Käytössä oleva laitteisto.....	12
3.3 Korvattava laitteisto.....	14
4 SÄHKÖMOOTTORIN JA TAAJUUSMUUTTAJAN VALINTA.....	15
4.1 Kaukolämpöpumpun sähkömoottorin valinta.....	15
4.1.1 Sähkömoottorin valinta G.A. Serlachius – A. Ahlström DCK-300/510- pumpulle.....	17
4.1.2 Sähkömoottorin valinta Ahlström DE-300-250-315-pumpulle.....	20
4.2 Taajuusmuuttajan valinta.....	21
4.2.1 Taajuusmuuttajälähdön suunnittelu Laanilan kaukolämpöpumppaamolle.....	22
4.2.2 DU/dt-suodin.....	24
4.2.3 Taajuusmuuttajan valinta 160 kW:n ja 200 kW:n sähkömoottoreille.....	24
4.3 Sähkömoottoreiden turvakytkimet.....	26
5 LAAKERIVIRRAT.....	28
5.1 Laakerivirtojen muodostuminen taajuusmuuttajälähdöissä.....	28
5.2 Laakerivirtojen välttäminen.....	30
5.3 Laakerivirtojen ehkäisy Laanilan pumppaamolla.....	31
6 SÄHKÖTOIMILAITTEET.....	32
6.1 Laanilan pumppaamon kaukolämpöpumppaamon sulkuventtiilien toimilaitteet.....	33
6.2 Laanilan pumppaamon sähkötoimilaitteiden venttiiliohjauskeskus.....	34
7 MITTAINSTRUMENTIT.....	38
7.1 Laanilan pumppaamon mittainstrumentit.....	38
7.2 Laanilan pumppaamolle valitut mittainstrumentit.....	40
8 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	42
9 RYHMÄKESKUS.....	43

10 POHDINTA.....	45
LÄHTEET.....	46
LIITTEET	49

SANASTO

AI8C-kortti	AI8C-kortti on kahdeksankanavainen analogiatuloyksikkö, jota käytetään analogisten virta- ja jänniteviestien mittaamiseen. Yksikön jokaisella kanavalla on itsenäinen lähttimen tehonsyöttö. Yksikkö rajoittaa syöttövirtaa ja valvoo syöttöjännitettä. (19.)
AO4C-kortti	AO4C-kortti on nelikanavainen analogialähtöyksikkö, jota käytetään antamaan virta- ja jänniteviestejä erilaisille toimilaitteille ja analogiasäätimille. Yksikön lähdöt ovat 0/4–20 mA:n virtaviestejä. (19.)
AUMA SA	Monikierrossulkuventtiilitoimilaite. Sulkuventtiilitoimilaitteen käyttöaika ja käynnistysmäärät ovat rajatut sähkömoottorin termisen keston kannalta.
AUMA SAR	Monikierrossäätöventtiilitoimilaite. Säätöventtiilitoimilaitteen sähkömoottori kestää jatkuvan käytön sekä useat käynnistykset ja nopeat suunnanvaihdot.
DI8P-kortti	DI8P-kortti on kahdeksankanavainen digitaalituloyksikkö, jota käytetään kosketintietojen, kaksijohdinkytkeäisten lähestymiskytkinten tai PNP-tyyppisten kytkinten lukemiseen. (19.)
DO8P-kortti	DO8P-kortti on kahdeksankanavainen digitaalilähtöyksikkö, joka sisältää kanavakohtaisen virtarajoitettua jännitesyötön. Yksikön jokaisella kanavalla on mekaanisella releellä toteutettu normaalisti auki oleva kytkin. Yksiköllä ohjataan PNP-lähdöllä merkkilamppuja, magneettiventtiileitä yms. tai välireleiden kautta moottoreita ja venttiileitä. (19.)
EMC	ElectroMagnetic Compatibility. Sähkömagneettinen yhteensopivuus tarkoittaa järjestelmän kykyä toimia käyttöympäristössään huolimatta siinä esiintyvistä sähkömagneettisista häiriöistä sekä kykyä toimia häiritsemättä sähkömagneettisesti muita järjestelmiä. Häiriönsietoisuus on

laitteen ominaisuus, joka kuvaa sen kykyä toimia häiriöllisissä olosuhteissa.

IEC-standardi	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
IP	Ingress protection. IP-luokitus ottaa huomioon vesisuojauksen sekä suojauksen vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä.
Kavitaatio	Ilmiö, jossa pumpun tulopuolen paineen laskun johdosta neste alkaa kiehumään muodostaen kaasukuplia nesteeseen. Kaasukuplat syntyvät nesteeseen koska pumpussa vallitsee osittainen tilanne, jolloin tulopuolen paine ei kykene vastaamaan pumpun tuottamaan imuun. Kaasukuplien muodostuminen ja romahtaminen pumpun metallipinnoille aiheuttaa ennakoimatonta kulumista ja eroosiota pumpun metallipinnoille.
MV	Moottoriventtiili. Vanha käytöstä poistunut merkintätapa. Viitataan sähkötoimilaitteeseen.
PEN-johdin	TN-C (Terra Neutral Combined) jakelujärjestelmässä käytetty yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin.
Venttiilikaivo	Maan alle rakennettu kaivanto, jossa kulkee kaukolämpölinjan meno- ja paluulinjat. Kaukolämpölinjoihin on asennettuna sulkuventtiilit, joilla voidaan ohjata kaukolämpöveden virtausta. Venttiilikaivossa voi olla useampi haara eri kaupunginosiin.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Laanilan kaukolämpöpumppaamon sähkö- ja automaatio- saneerauksen suunnitelman toteuttamista sekä laitteistojen päivittämistä vastaamaan nykyaikaisia laitteita. Suunnittelutyö toteutettiin Oulun Energia Oy:n lukuun kevään 2018 aikana.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia uudet sähkö- ja automaatio-suunnitelmat Laanilan kaukolämpöpumppaamon toiminnan varmistamiseksi ja laitteiston nykyaikaistamista varten. Työssä käydään läpi uusien sähkömoottoreiden ja taajuusmuuttajien mitoittaminen kyseiseen kohteeseen sekä mittainstrumenttien ja sähkötoimilaitteiden päivittämisen uusiin. Lisäksi käsitellään taajuusmuuttajalähtöjen aiheuttamat ongelmatilanteet sähkömoottoreille ja kuinka sähkömoottorien ennen aikainen vaurioituminen Laanilan kaukolämpöpumppaamokohteessa on estetty.

Oulun Energia tulee hyödyntämään opinnäytetyön aikana valmistuvia sähkö- ja automaatiopiirustuksia sekä muita suunnittelun aikana valmistuvia dokumentaatioita Laanilan kaukolämpöpumppaamon toteutettavaan sähkösaneeraukseen.

2 OULUN ENERGIA OY -KONSERNI

Oulun kaupungin sähkölaitos perustettiin kaupunginvaltuuston päätöksellä 3.5.1889 ja tällä nimellä liikelaitos toimi vuoteen 1996, jolloin liikelaitos muutettiin Oulun Energia Oy:ksi.

Nykyään Oulun Energia tuottaa kodin, yritysten ja yhteiskunnan energiapalveluja. Toiminta kattaa koko energia-alan arvoketjun eli poltettavien raaka-aineiden tuotannon, sähkön ja lämmön tuotannon, myynnin ja jakelun sekä energia-alan erilaiset palvelut. Erilaisia energia-alan palveluita ovat esimerkiksi älykkäät energiapalvelut, verkonhallinta, urakointi ja ylläpito. Oulun Energian palveluksessa on noin 400 energia-alan ammattilaista. (1.)

Oulun Energia vastaa sähkön ja lämmön tuotannosta asiakkailleen sekä laitteistojen huollosta ja kunnossapidosta tuotantolaitoksillaan. Tuotantolaitoksia ovat Merikosken vesivoimalaitos (valmistunut v. 1954), Toppilan yhteistuotantolaitokset Toppila 1 (v. 1977) ja Toppila 2 (v. 1995) sekä Laanilan ekovoimalaitos (v. 2012). Lisäksi pakkasten aikaan tarvitaan huippu- ja varatehoa kaukolämmön lisälämmön tarpeen tyydyttämiseen. Tätä varten Oulun Energialla on viisi erillistuotantolaitosta eripuolilla Oulua. (1; 2.)

Vuona 2016 Oulun Energia tuotti energiaa yhteensä 2876,06 GWh, josta sähköenergian osuus oli 1046,01 GWh ja lämpöenergian osuus 1830,05 GWh. Suurin osa lämpöenergiasta ohjattiin kaukolämpöverkkoon. (2.)

Kaukolämmön siirtämistä varten tarvitaan tuotantolaitosten yhteydessä olevien pumppaamojen lisäksi useampia kaukolämpöpumppaamoja, joilla saadaan ylläpidettyä riittävää paine-eroa kaukolämpöverkossa lämpöenergian siirron takaamiseksi. Kaukolämpöpumppaamoja on rakennettu eripuolille Oulua ja niitä on yhteensä 13 kappaletta, joista pohjoisin on Haukiputaan Kellossa ja eteläisin on Kempeleen Ristisuolla.

Kaukolämpöpumppaamo käsittää kaukolämmön meno- ja paluulinjojen vesipumput, joilla ylläpidetään riittävää paine-eroa kaukolämpöverkon meno- ja paluulinjojen välillä, joka mahdollistaa lämpöenergian siirtämisen.

3 LAANILAN KAUKOLÄMPÖPUMPPAAMO

Laanilan kaukolämpöpumppaamo sijaitsee Oulun kaupungin Laanilan kaupunginosassa Oulunjoen varressa. Pumppaamon rakennus on valmistunut ja käyttöön otettu vuonna 1976. Vuonna 1986 pumppaamo saneerattiin ensimmäisen kerran. Tällöin pumppaamoon tehtiin putkistomuutoksia ja 200 kW:n moottoreiden taajuusmuuttajalähdöt uusittiin SAMI 250F-taajuusmuuttajalähdöiksi. Vuoden 1986 saneerauksen aika pumppaamorakennuksen läheisyyteen rakennettiin uusi venttiilikaivo, joka mahdollisti kaukolämmön siirtämisen Oulun Värtön kaupunginosaan. (3.)

Vuonna 2000 toteutui pumppaamon toinen saneeraus. Tällöin luovuttiin vuonna 1986 käyttöön otetusta Autolog 1024 -logiikasta ja pumppaamon ohjaus muutettiin kokonaisuudessaan aiemmin ala-asemana toimineen Allen-Bradley-logiikan toiminnan alaiseksi. Vuonna 1986 rakennettua venttiilikaivoa laajennettiin, jolloin lisättiin uusi kaukolämpölinja pumppaamorakennuksesta kyseiseen venttiilikaivoon. Aiemmat 160 kW:n moottoreiden suorat moottorikäytöt muutettiin ABB ACS 607 -taajuusmuuttajalähdöiksi. (4.)

Laanilan pumppaamo on sijaintinsa takia tärkeässä osassa kaukolämmön siirtämisessä Oulun kaupungin koillispuolelle sekä Kuusamontien varrelle aina Jäälän kulutuspisteisiin saakka.

3.1 Laitteistopäivityksen tarve

Laanilan pumppaamon ensimmäisen saneerauksen aikana tehdyt laitteistopäivitykset ovat pysyneet samoina näihin päiviin saakka lukuun ottamatta vuoden 2000 automaatiopäivitystä ja kahden moottorilähdön uusintaa. Laitteistojen mahdollisessa vikatilanteessa niiden huolto ja varaosien saanti on heikentynyt merkittävästi ja nykyisen automaatiojärjestelmän asiantuntijoita on vaikea saada apuun vikatilanteissa. (5.) Pumppaamon sähkömoottoreita ei ole päivitetty viimeisen 30 vuoden aikana, joten on tarpeellista päivittää moottorit uusiin energiatehokkaampiin moottoreihin tuotannon jatkuvuuden takaamiseksi.

Pumppaamon mittausinstrumentteja ei ole päivitetty järjestelmällisesti saneerauksien yhteydessä. Mittalaitteiden huoltamisessa on käytetty korjaavaa kunnossapidon periaatetta, jolloin rikkoutuneiden laitteiden tilalle on vaihdettu korvaavia mittalaitteita.

3.2 Käytössä oleva laitteisto

Pumppaamossa on käytössä neljä taajuusmuuttajaohjattua sähkömoottorikäyttöä: Kaksi Strömbergin 160 kW:n nimellistehon moottoreita, joiden syöttö on toteutettu ABB:n ACS 607 -sarjan taajuusmuuttajilla ja kaksi muuta ovat Strömbergin 200 kW:n nimellistehon moottoreita (kuva 1), joiden syöttö on toteutettu Strömberg SAMI 250 F -sarjan taajuusmuuttajilla (kuva 2).



KUVA 1. 200 kW:n meno- ja paluulinjan sähkömoottorit ja Ahlström DE-300-250-315 pumput.



KUVA 2: Oikealla Strömberg SAMI 250F-taajuusmuuttaja ja vasemmalla ABB ACS 607-taajuusmuuttaja.

Kaukolämpöputkiston sulkuventtiileiden auki ja kiinni ajamiseen käytetään AUMA SA 6 -sarjan sähkötoimilaitteita. Toimilaitteita on mahdollista ajaa automaatiojärjestelmän kautta tai manuaalisesti toimilaitteen kyljessä olevalla käsipyörällä. Kaukolämpöpumppaamolla olevat mittainstrumentit ovat useiden eri valmistajien tekemiä. Mittainstrumentit ovat enimmäkseen painelähtettä, paine-erolähtettä, virtauksen paine-erolähtettä sekä lämpötilalähtettä. Automaatio-ohjausjärjestelmänä toimii vuoden 2000 automaattiosaneerauksessa laajennettu Allen-Bradleyn valmistama PLC 5/20 Flex I/O -logiikka (kuva 3).

3.3 Korvattava laitteisto

Tässä luvussa esitetään lyhyesti korvattava laitteisto. Laitteistot käsitellään tarkemmin myöhemmissä luvuissa.

Sähkömoottorit on tarkoitus korvata uusilla vastaavilla energiatehokkailla moottoreilla, sekä turvakytkimet ja taajuusmuuttajat päivitetään vastaamaan uusien moottoreiden tarpeita. Samalla yhtenäistetään laitteisto vastaamaan Oulun Energian muiden tuotantolaitosten laitteistoa, jolloin mahdolliset vikatilanteet ovat korjattavissa käyttäen omia työntekijöitä.

AUMA SA 6 -toimilaitteet päivitetään uusiin vastaavanlaisiin toimilaitteisiin, joita on käytössä muissakin Oulun Energian kohteissa. Mittainstrumentit päivitetään tilaajan määrittelemän valmistajan tuotteisiin, jotka on entuudestaan todettu hyväksi vastaavissa kohteissa ja joille on entuudestaan olemassa kattava varaosavarasto. Allen-Bradley -automaatiojärjestelmä muutetaan Valmet DNA -automaatiojärjestelmäksi, joka on Oulun Energialla entuudestaan käytössä oleva automaatiojärjestelmä.



KUVA 3: Allen-Bradley PLC 5/20 Flex I/O -logiikka.

4 SÄHKÖMOOTTORIN JA TAAJUUSMUUTTAJAN VALINTA

Moottori mitoitetaan käyttökohteen perustietojen mukaan. Kierrosalue, momenttikäyrät, jäähdytysmenetelmä, IP-luokitus ja moottorin kuormitettavuus sekä osakuormitus ohjaavat moottorin valintaa. Käyttökohteeseen soveltuvia moottoreita voi olla useampia erilaisia. Tällöin vaihtoehtoisia moottoreita on hyvä vertailla, sillä valittu moottori vaikuttaa mm. taajuusmuuttajan kokoon ja moottorin osakuormitukseen. (6, s. 24.)

Sähkömoottorin ottama mitoitusvirta voidaan laskea, kun kuorman vastamomentti eli kuormitusmomentti tunnetaan. Moottorin nimellisvirta antaa joitain viitteitä moottorin mitoittamiseen. Se ei kuitenkaan aina ole paras mahdollinen mitoituskriteeri, sillä moottoreiden kuormitusta rajoittavat esimerkiksi osakuormitus, käyttöympäristön lämpötila, tilaluokitukset ja asennustilan koko. (6, s. 24.)

Taajuusmuuttajaa ja moottoria valittaessa on otettava huomioon käytettävä syöttöjännite, sillä syöttöjännitteen vaihtelu vaikuttaa moottorin akselitehoon. Usein taajuusmuuttaja rajoittaa moottorin maksimimomenttia, jolloin tämä on huomioitava jo taajuusmuuttajaa ja moottoria valittaessa. Maksimimomenttiin vaikuttavat myös mm. järjestelmän muuntajat, kuristimet ja kaapelit, sillä ne saavat aikaan jännitteenaleneman, jolloin moottorin maksimimomentti voi laskea. Tällöin moottorin syöttöjännite on moottorin nimellisjännitettä alhaisempi, jolloin kentänheikennyspiste siirtyy alhaisemmalle taajuudelle ja moottorin maksimimomentti redusoituu kentänheikennysalueelle. Järjestelmän tehohäviöt ovat korvattavissa taajuusmuuttajan mitoituksella. (6, s. 24.)

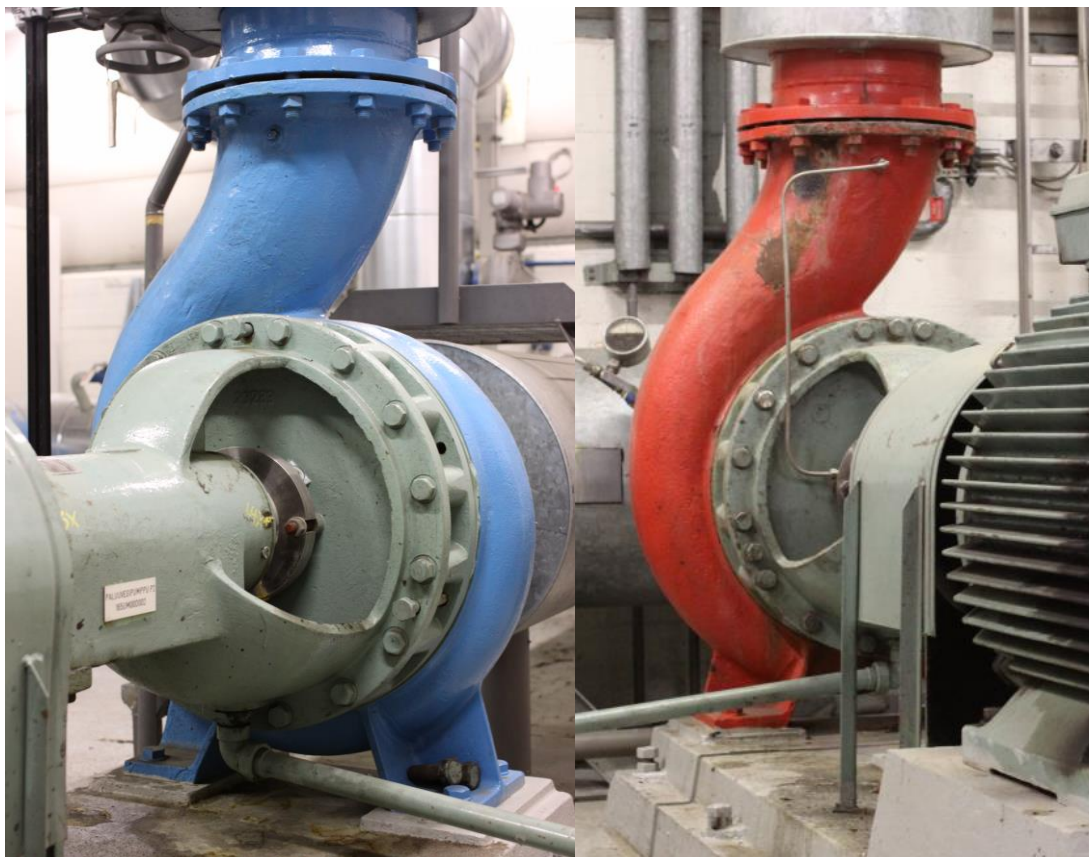
4.1 Kaukolämpöpumpun sähkömoottorin valinta

Laanilan pumppaamolla on käytössä neljä kaukolämpöpumppua, joilla pidetään yllä riittävää paine-eroa kaukolämpöverkossa. Kohteen pumpput ovat hyväkuntoisia, vaikka ovatkin iäkkäitä. Moottoreita valittaessa käytössä olevien pumppujen valmistajien antamat arvot asettavat minimirajat uusille moottoreille. Laanilan pumppaamolla on käytössä kahden eri valmistajan pumppuja (kuva 4), joiden tekniset arvot on esitetty taulukossa 1. Uusien moottorien valinnan tavoitteena on, että uudet moottorit voidaan asentaa suoraan vanhojen tilalle. Tällöin vältetään ylimääräisiltä kustannuksilta, jotka aiheutuvat moottoripetien ja putkistojen muokkauksesta. Laanilan kaukolämpö-

pumppaamon sähkönsyöttö on toteutettu pumppaamorakennuksen viereisestä 1000 kVA:n puisto-
tomuuntajasta, jonka toisiopuolen jännite on 400 V.

TAULUKKO 1. Laanilan kaukolämpöpumppujen tyyppikilpien arvoja.

Malli	Bar	l/s	kW	rpm
G.A. Serlachius — A. Ahlström DCK-300/510	3,5	333	160	1500
Ahlström DE- 300-250-315	3,2	361	200	1500
DCK-300/510	3,5	333	160	1500
Ahlström DE- 300-250-315	3,2	361	200	1500



KUVA 4. G.A. Serlachius DCK-300/510 (vas.) ja Ahlström DE-300-250-315 kaukolämpöpumput.

4.1.1 Sähkömoottorin valinta G.A. Serlachius – A. Ahlström DCK-300/510-pumpulle

DCK-300/510 -pumpuilla on 160 kW:n nimellistehontarve 1500 rpm kierrosluvulla (TAULUKKO 1). Keskipakopumppu on kuormitustyyppiltään neliöllinen, jolloin momentti on neliöllisesti ja teho kuutiollisesti verrannollinen kierroslukuun. Käynnistysmomenttia ei tarvitse huomioida, sillä tarvittava käynnistysmomentti on hyvin pieni. Tarvittava momentti 1500 rpm kierrosluvulle lasketaan kaavan 2 mukaan. (6, s. 25.)

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi f} = \frac{P [W]}{n \cdot 2\pi / 60} = \frac{1000 \cdot \frac{60}{2\pi} \cdot P [kW]}{n} = \frac{9550 \cdot P}{n} Nm \quad \text{KAAVA 1}$$

$$T = \frac{9550 \cdot P}{n} Nm \quad \text{KAAVA 2}$$

T = pumpun momentti

P = pumpun teho [kW]

n = kierrosnopeus

Kaavalla 2 lasketuksi pumpun momentiksi saadaan:

$$T = \frac{9550 \cdot 160}{1500} Nm = 1018,66 Nm$$

Uudeksi moottoriksi valitaan 4-napainen moottori korvattavan moottorin mukaisesti. 4-napaisen oikosulkumoottorin synkroninen pyörimisnopeus (n_s) määräytyy moottorin napaluvun ja syötettävän taajuuden mukaan (6, s. 9.)

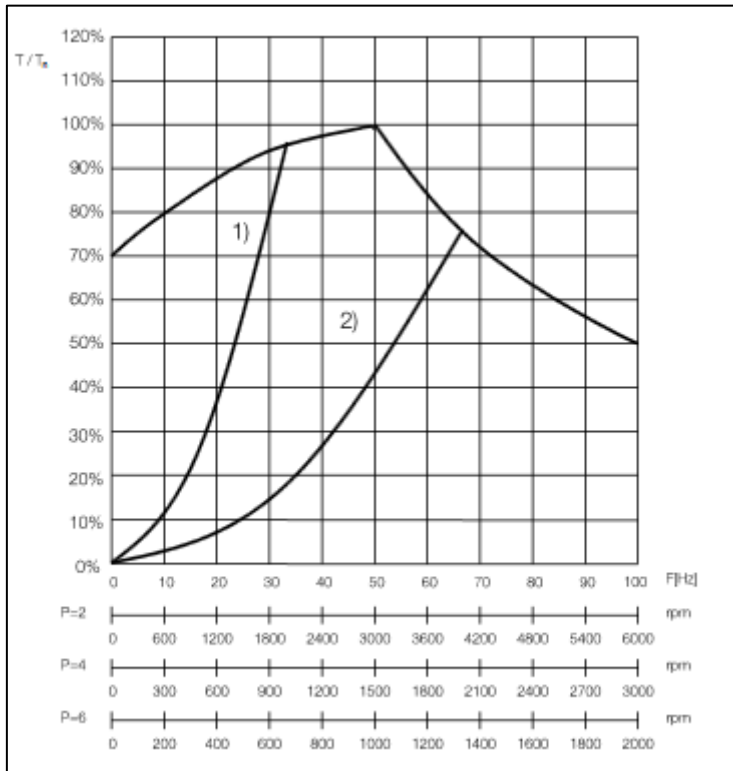
$$n_s = \frac{2 \cdot f_n \cdot 60_{sek.}}{napaluku} \quad \text{KAAVA 3}$$

n_s = synkroninen pyörimisnopeus

f_n = taajuus nimellispisteessä

Sijoitettaessa tarvittavat arvot kaavaan 3 saadaan laskettua 4-napaisen oikosulkumoottorin synkroninen pyörimisnopeus.

$$n_s = \frac{2 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 60_{\text{sek.}}}{4} = 1500 \text{ rpm}$$



KUVA 5. Moottorin kuormitettavuuskäyrät pumppu- ja puhallinsovelluksessa. Vertailussa 1) 2-napaiset ja 2) 4-napaiset moottorit. (6, s. 24).

4-napaisen moottorin kuormitettavuus 1500 rpm kierrosluvulla kuvan 5 mukaisesti on 100 %.

Moottorin tarvittava miniminimellismomentti saadaan sijoittamalla pumpun tarvittava momentti ja kuormituskerroin kaavaan 5 (6, s. 25). Kuormitettavuuskerroin saadaan kuvan 5 kuormitettavuuskäyrältä muutettaessa prosenttiluku vastaavaksi desimaaliluvuksi.

$$T_n \geq \frac{T}{\text{Kuormituskerroin}} \text{ Nm}$$

KAAVA 4

T_n = moottorin miniminimellismomentti

T = kuormamomentti

Kaavalla 4 laskettaessa moottorin miniminimellismomentiksi saadaan:

$$T_n = \frac{1018,66 \text{ Nm}}{1} = 1018,66 \text{ Nm}$$

Sijoittamalla kaavan 4 mukaan laskettu miniminimellismomentti ja 4-napaisen moottorin kierros-
lu kaavaan 3 saadaan laskettua 4-napaisen moottorin minimiteho. (6, s. 25).

$$P_n \geq \frac{T_n * n}{9550} \text{ kW} \quad \text{KAAVA 5}$$

P_n = moottorin minimiteho

Kaavalla 5 laskettaessa moottorin minimitehoksi saadaan:

$$P_n \geq \frac{1018,66 \text{ Nm} * 1500}{9550} \text{ kW} = 159,99 \text{ kW} \approx 160 \text{ kW}$$

Kokemukset kaukolämpöpumppaamon aikaisemmasta pumppujen käytöstä osoittavat, ettei pumppuja tarvitse ajaa täydellä teholla. Riittävän paine-eron varmistamiseksi riittää noin 85 %:n kuormitus nimelliskuormituksesta (7.) Tällöin 160 kW:n nimellistehoiset moottorit ovat riittävät DCK-300/510 -pumpuille.

ABB:n suositus korvaaviksi moottoreiksi on M3BP 315 SMD 4 B3 IE3, joiden tuotekoodi on 3GBP 312240 (8.). ABB:n oikosulkumoottorit ovat eristysluokaltaan F-luokkaa. Taulukossa 2 on esitelty sähkökoneiden eristysluokkien mukaiset sallitut lämpötilat. Liitteessä 1 on ABB:n tuotekoodin selite, josta selviää mm. moottorin rungon valmistusmateriaali, runkokoko, napapariluku, asennusmitat, asennustavat sekä IEC-standardin mukainen hyötysuhde.

TAULUKKO 2. Sähkökoneiden eristysluokat IEC 60034-1 mukaan, tavallisin tapaus (9, s. 457).

Määritelmä	Eristysluokat		
	B (°C)	F (°C)	H (°C)
Sallittu "kuumimman pisteen" lämpötila.	130	155	180
Sallittu vastusmittauksen avulla määritetty käämityksen lämpötila.	120	145	165
Sallittu käämityksen lämpenemä, kun ympäristön korkein lyhytaikainen lämpötila on +40 °C.	80	105	125

4.1.2 Sähkömoottorin valinta Ahlström DE-300-250-315-pumpulle

Ahlström DE300-250-315-pumpuilla on 200 kW:n nimellistehontarve 1500 rpm kierrosluvulla (taulukko 1). Käynnistysmomenttia ei tarvitse huomioida, sillä kyseessä on samanlainen neliöllisen momentin kuormitustyyppi kuin 160 kW:n moottorin mitoituksessa. Tarvittava momentti 1500 rpm kierrosluvulle lasketaan kaavan 1 mukaan (6, s. 25.)

$$T = \frac{9550 \cdot P}{n} Nm \quad \text{KAAVA 2}$$

Tällöin pumpun momentiksi saadaan:

$$T = \frac{9550 \cdot 200 \text{ kW}}{1500} Nm = 1273,33 Nm$$

Kuten aikaisemminkin, uudeksi moottoriksi valitaan 4-napainen moottori korvattavan moottorin mukaisesti, jolloin 4-napaisen moottorin kuormitettavuus 1500 rpm kierrosluvulla on 100 % (kuva 5). Moottorin tarvittava miniminimellismomentti saadaan sijoittamalla pumpun tarvittava momentti ja kuormituskerroin kaavaan 4.

$$T_n \geq \frac{1273,33 Nm}{1} = 1273,33 Nm$$

Kun sijoitetaan saatu miniminimellismomentti ja 4-napaisen moottorin kierrosluku kaavaan 5 saadaan 4-napaisen moottorin minimiteho,

$$P_n \geq \frac{1273,33 \text{ Nm} \cdot 1500}{9550} \text{ kW} = 199,99 \text{ kW} \approx 200 \text{ kW}$$

Kuten 160 kW:n moottoreiden kohdalla, aikaisempi kokemus pumppujen ajotavoista osoittaa, ettei moottoreita tarvitse ajaa täydellä teholla, vaan riittävä paine-ero saavutetaan noin 85 %:n kuormituksella nimelliskuormituksesta (7.) Tällöin 200 kW:n nimellistehoiset moottorit ovat riittävät DE300-250-315-pumpuille. ABB:n suositus korvaaviksi moottoreiksi on M3BP 315 MLB 4 B3 IE3, joiden tuotekoodi on 3GBP 312420 (8.) Liitteessä 1 on ABB:n tuotekoodin selite.

4.2 Taajuusmuuttajan valinta

Taajuusmuuttajaa valittaessa tulee huomioida moottorin koko ja käyttöjännite, IP-luokitus ja taajuusmuuttajan runkokoko. Valmistajat tarjoavat erilaisiin runkoihin (kuva 6) rakennettuja taajuusmuuttajia. Osaan taajuusmuuttajien rungoista on mahdollista asentaa ohjaukseen tarvittavia komponentteja erillisen ohjauskeskuksen sijaan. Taajuusmuuttajien eri runkokoot mahdollistavat erilaiset asennustavat, jolloin taajuusmuuttajat voidaan asentaa joko seinään, telineeseen tai lattiaan kiinnittäen. (10.)



KUVA 6. ABB ACS 880-sarjan taajuusmuuttajien eri runkokokoja (10).

4.2.1 Taajuusmuuttajalähdön suunnittelu Laanilan kaukolämpöpumppaamolle

Taajuusmuuttajiksi valittiin ABB:n valmistamat ACS 880-07 -sarjan taajuusmuuttajat (kuva 7) tilaajan toivomusten mukaan sekä pumppaamorakennuksen sähkötilan suuren koon mahdollistamana. ACS 880-07 -sarjan taajuusmuuttajat ovat kaapitettuja taajuusmuuttajia, joihin on mahdollista saada laaja valikoima vakio- ja lisäominaisuuksia (LIITE 6), jolloin ne voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeiden mukaan tilausvaiheessa ennen tehtaalta lähtöä (10.) ACS 880-07 -sarjan taajuusmuuttajan kaapin sisään on mahdollista rakentaa tarvittavat automaatio-ohjauspiirit, jolloin taajuusmuuttajan käyttöönotto helpottuu ja kaapin asentaminen sähkötilaan nopeutuu.

Taajuusmuuttajien syöttö toteutetaan puistomuuntajan toisiopuolen lähdöistä, jolloin syöttöjännite on 400 V. Taajuusmuuttajien IP-luokka tulee olla vähintään IP44, jolloin taajuusmuuttajat ovat roiskevesisuojusta sekä suojattu esineiltä, joiden halkaisija on yli 1 mm. Käyttöjännitteen ollessa alle 500 V ja moottoreiden eristysluokan ollessa F-luokkaa taajuusmuuttaja ei tarvitse du/dt-suodinta.

Kaukolämpöpumppaamokäytössä taajuusmuuttajat ovat käynnistämisen jälkeen käytössä yhtäjaksoisesti pitkiä aikoja. Pysäyttämiset ja käynnistymiset sijoittuvat vikatilanteisiin tai kesäaikaan, jolloin kaukolämmön tarve on vähäisintä. Käytön kannalta taajuusmuuttajan kuormitus on tasaisinta, jolloin ei esiinny äkillisiä virran nousuja, joita syntyisi esimerkiksi iskukuormituksista.



KUVA 7. ABB ACS 880-07 taajuusmuuttaja (10).

Suunnitteluvaiheessa taajuusmuuttajalähdöille tehtiin uudet sähkö- ja automaatiopiirustukset. Suunnittelussa käytettiin hyväksi ACS 880-07 -taajuusmuuttajien kaappirakennetta, joka mahdollisti automaatio-ohjauksen toteuttamisen taajuusmuuttajan yhteyteen. Tällöin taajuusmuuttajan automaatio-ohjausta varten ei suunniteltu erillistä ohjauskeskusta.

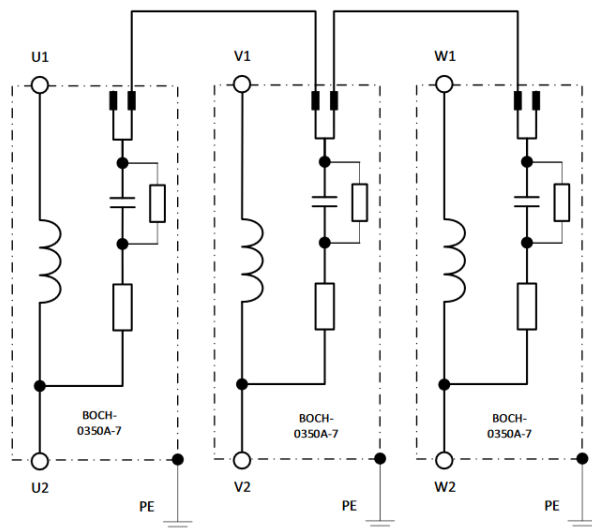
Taajuusmuuttajakäytön ohjaukset ja lukitukset on suunniteltu toimimaan automaatiojärjestelmän kautta lukuun ottamatta paineakytkintä, jonka tilatieto tuodaan suoraan taajuusmuuttajan ohjausyksikköön. Painekeytkin estää moottorin käynnistymisen, mikäli tarvittava kaukolämpöveden paine ennen kaukolämpöpumppua ei ole riittävä. Painekeytkimet vaativat kaukolämmön menopuolella 2 barin paineen ja paluupuolella 1 barin paineen, jotta painekeytkinten tilatieto muuttuu ja taajuusmuuttajat saavat käynnistysluvan.

Riittävä kaukolämpöveden paine ennen pumppuja estää pumppujen tyhjänä pyörimisestä aiheutuvan vaurioitumisen sekä käytön aikana kavitaatiosta johtuvan rikkoutumisen. Taajuusmuuttajalähdön sähköpiirustukset on esitetty liitteen 4 sivuilla 1 ja 2.

4.2.2 DU/dt-suodin

Du/dt-suodatus estää jännitepiikkien muodostumisen taajuusmuuttajälähdössä sekä nopeat jännitteen vaihtelut, jotka kuormittavat moottorin eristystä. Du/dt-suodatus vähentää kapasitiivista vuotovirtaa ja korkeataajuuksisten päästöjen esiintymistä moottorin kaapeleissa sekä korkeilla taajuuksilla esiintyvää energiahäviötä ja moottorin laakerivirtoja. Du/dt-suodattimet vähentävät myös nk. yhteismuotoisia virtoja ja laakerivirtoja. (10.s. 34.) Yhteismuotoiset virrat sekä laakerivirrat ja niiden estäminen käsitellään tässä opinnäytetyössä luvussa 5.

Du/dt-suodin rakentuu kondensaattoreista, keloista ja vastuksista (kuva 8), joilla jännitepiikkejä vaimennetaan ja jännitettä tasataan sinimuotoiseksi. Tällöin moottorin nimellispisteen jännite on huomattavasti lähempänä sinimuotoa kuin ilman du/dt-suodatinta. Du/dt-suodatuksen tarve määrittyy moottorin eristyksen ja käyttöjännitteen mukaisesti.



KUVA 8. Du/dt-suodattimen havainnekuva (11, s. 11).

4.2.3 Taajuusmuuttajan valinta 160 kW:n ja 200 kW:n sähkömoottoreille

160 kW:n moottorin vaatima nimellisvirta on 284 A. Tällöin sopivan taajuusmuuttajan on kyettävä syöttämään vähintään moottorin vaatiman nimellisvirran verran. Laitevalmistajan suosittelema taajuusmuuttaja tässä tapauksessa on ACS 880-07-0293A-3 (8). Kyseinen taajuusmuuttaja on

kykeneväinen syöttämään 293 A yhtäjaksoisesti, joka on enemmän kuin moottorin vaatima nimellisvirran arvo.

200 kW:n moottorin vaatima nimellisvirta on 350 A. Tällöin sopivan taajuusmuuttajan on kyettävä syöttämään vähintään moottorin vaatiman nimellisvirran verran. Laitevalmistajan suosittelema taajuusmuuttaja tässä tapauksessa on ACS 880-07-0363A-3 (8). Kyseinen taajuusmuuttaja on kykeneväinen syöttämään 363 A yhtäjaksoisesti, joka on enemmän kuin moottorin vaatima nimellisvirran arvo.

4.3 Sähkömoottoreiden turvakytkimet

Turvakytkin on moottorin tai muun sähkölaitteen esimerkiksi sähkölämmittimen läheisyyteen päävirtapiiriin asennettava kytkin, jonka tarkoituksena on luotettavasti katkaista ja estää kyseisen laitteen vahinkokäynnistyminen esimerkiksi huolto- tai korjaustöiden aikana. Turvakytkimet ovat käsikäyttöisiä, aukiasentoon lukittavissa olevia ja luotettavalla asennonosoituksella varustettuja. (12, s. 4.) Turvakytkimiä on useista eri materiaaleista valmistettuja ja erilaisiin käyttökohteisiin sopivia malleja.

Laanilan pumppaamon käytössä olevien moottoreiden turvakytkimet päivitetään moottoreiden ja taajuusmuuttajien vaihdon yhteydessä uusiin. Vanhat turvakytkimet ovat erittäin suurikokoisia nykyaikaisiin turvakytkimiin verrattuna. Suuren kokonsa vuoksi turvakytkimet on jouduttu asentamaan seinään kaukolämpöputken taakse (kuva 9).



KUVA 9. Laanilan pumppaamon käytössä olevat turvakytkimet.

Uudet turvakytkimet ovat 3-napaisia, IP65-suojattuja ei pölytiivitä ja joka suunnasta vesisuihkulta suojattuja kytkimiä. Turvakytkimet toimitetaan apukoskettimilla varustettuina, joilla saadaan vietyä turvakytkimen tilatieto automaatiojärjestelmään. Uudet turvakytkimet ovat fyysisen koon puolesta huomattavasti pienempiä kuin kuvan 9 turvakytkimet. Uudet turvakytkimet voidaan asentaa moot-

toreiden viereen, jolloin turvakytkimen ollessa moottorin vieressä on helppo tunnistaa, mihin laitteiston osaan kyseinen turvakytkin vaikuttaa. (13. s. 5.)

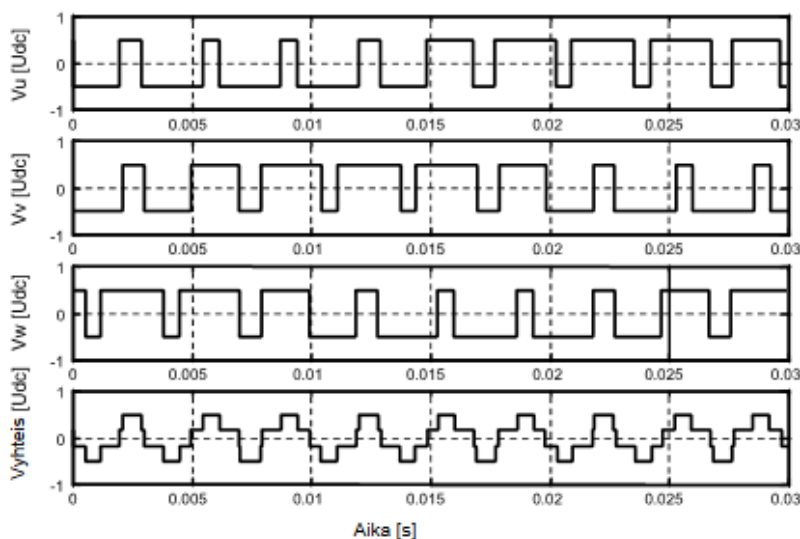
160 kW:n moottorille valittiin ABB:n OT315KAUC3TZ turvakytkimet, joiden terminen nimellisvirran kesto on 315 A ja 200 kW:n moottoreille ABB:n OT400DAUC3TZ -turvakytkimet, joiden terminen nimellisvirran kesto on 400 A. Molemmat ABB:n turvakytkinmallit ovat EMC-suojattuja ja laitevalmistajan suosittelemia taajuusmuuttaja-moottori-paketille. Kyseiset turvakytkimet kuuluivat ABB:n tarjoukseen. Molempien valittujen turvakytkimien terminen nimellisvirran kestoisuus on suurempi kuin moottoreiden nimellisvirta. (8.)

5 LAAKERIVIRRAT

Laakerivirtoja synnyttää laakerin yli indusoituva jännite. Suurtaajuisia laakerivirtoja aiheuttava jännite voi syntyä kolmella eri tavalla. Muodostumistapa riippuu ennen kaikkea moottorin koosta sekä moottorin rungon ja akselin maadoitustavasta. Suurtaajuiset laakerivirrat voidaan jakaa kolmeen ryhmään: kiertävä virta, akselin maadoitusvirta ja kapasitiivinen purkausvirta. (14, s. 7.) Suurtaajuisien laakerivirtojen muodostuminen on esitetty liitteessä 2. Suurtaajuiset laakerivirrat ovat seurausta virran vuotamisesta vaihtovirtakäyttöjen yhteismuotoiseen virtapiiriin.

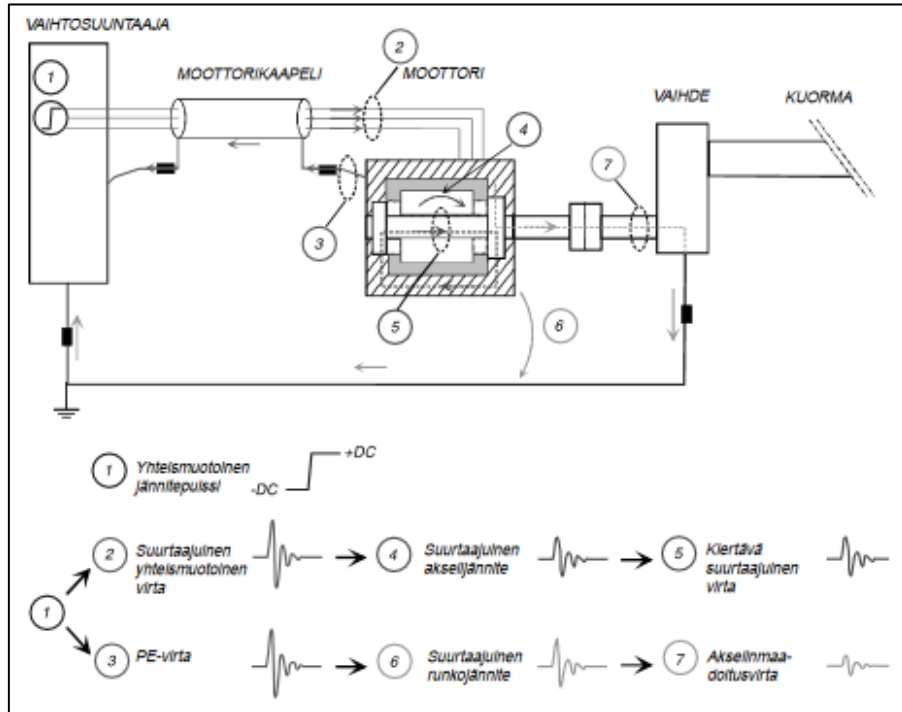
5.1 Laakerivirtojen muodostuminen taajuusmuuttajakäytöissä

Tyypillinen kolmivaiheinen, sinimuotoinen teholähde on symmetrinen normaaleissa olosuhteissa. Tämä tarkoittaa sitä, että kolmen vaiheen vektorisumma on aina nolla. Nollajännite on yleensä nolla voltia. Näin ei kuitenkaan ole pulssileveysmoduloiduissa teholähteissä, joissa tasajännitteestä tuotetaan kolmivaiheinen jännite. Vaikka lähtöjännitteen perustaajuuskomponentit ovat symmetriset, niin kolmen lähtöjännitteen hetkellinen summa ei ole nolla voltia. Tällöin muodostuu nollajännite, jota kutsutaan yhteismuotoiseksi jännitteeksi. (14, s. 7–8.)



KUVA 10. Kolmivaiheisen pulssileveysmoduloidun teholähteen vaihejännitteet (V_u , V_v ja V_w) ja kolmen vaiheen keskiarvo (V_{yhteis}) eli yhteismuotoinen jännite uudessa vaihtovirtakäytössä. (14, s. 8.)

Kuvassa 10 nollajännite ei ole nolla, jolloin se voidaan määritellä yhteismuotoiseksi jännitteeksi. Jännite on verrannollinen tasajännitevälipiirin jännitteeseen ja sen taajuus on yhtä suuri kuin vaihtosuuntaajan kytkentätaajuus. (14, s. 8.)



KUVA 11. Kaaviokuva kiertävästä virrasta ja akselin maadoitusvirrasta. Akselin maadoitusvirta on seurausta moottorin rungon suuresta jännitteestä ja käytettävän laitteen hyvästä maadoituksesta. (14, s. 11.)

Uusissa taajuusmuuttajakäytöissä voi joskus esiintyä laakerivaurioita jo muutaman kuukauden kuluttua käyttöönotosta. Vauriot voivat johtua suurtaajuisista virroista, jotka kulkevat moottorin laakereiden kautta (kuva 11.). Viime vuosina laakerivirtojen aiheuttamat vahingot ovat lisääntyneet, joiden syynä ovat uudet nopeussäädetyt käytöt. Taajuusmuuttajan tehoasteiden nopeasti nousevat jännitepulsit ja korkeat kytkentätaajuudet aiheuttavat laakereiden kautta purkautuvia virtapulsseja, joiden toistuva purkautuminen vähitellen kuluttaa laakereiden vierintäpintaa (kuva 12). (14, s. 4.)



KUVA 12. Laakerivirrat voivat aiheuttaa säännöllisiä "pyykkilautakuvioita" laakerin vierintäpinnalle (14, s. 6).

Uusien vaihtovirtakäyttöjen tehoasteiden nopea kytkentä aiheuttaa laakereiden kautta purkautuvia suurtaajuisia virtapulsseja. Jos näiden virtapulssien energia on riittävän suuri, metallia siirtyy kuulalaakerista ja vierintäpinnasta voiteluaineeseen. Tätä ilmiötä kutsutaan kipinätyöstöksi (engl. EDM = Electrical Discharge Machining). Pienikin kipinätyöstön aiheuttama poikkeama kerää lisää virtapulsseja ja laajenee kipinätyöstökuopaksi (kuva 12). On todettu, että EDM-tyyppisten laakerivikojen määrä vaihtovirtakäytöissä on lisääntynyt viime vuosina suhteellisen pian käyttöönoton jälkeen ja tämän seurauksena laakeri voidaan joutua vaihtamaan jo lyhyen 1–6 kuukauden käyttöajan jälkeen. (14, s. 6.)

5.2 Laakerivirtojen välttäminen taajuusmuuttajakäytöissä

Jotta laakerivirtojen aiheuttamilta vahingoilta välttyttäisiin, on varmistettava moottorin kunnollinen maadoitus, joka sallii yhteismuotoisten virtojen palaamisen vaihtosuuntaajan runkoon muuta reittiä kuin laakereiden kautta (14, s. 4). Kaapeloinnin toteutustavalla, oikealla kaapelityypillä ja asianmukaisilla maadoitusjohtimilla sekä suojavaippojen kytkennöillä, on tärkeä merkitys laakerivirtojen ehkäisyssä (14, s. 7). Laakerivirtoja voidaan pienentää käyttämällä symmetrisiä moottorikaapeleita tai taajuusmuuttajan lähtösuodinta eli du/dt -suodinta. Ennen kaikkea moottorin laakerirakenteen eristäminen katkaisee laakerivirtojen reitit kokonaan. (14, s. 4.)

5.3 Laakerivirtojen ehkäisy Laanilan pumppaamolla

Laanilan pumppaamon uusien sähkömoottoreiden syöttö tullaan toteuttamaan EMC-suojatulla EMCMK-voimakaapelilla. Kyseinen kaapeli soveltuu taajuusmuuttajan ja moottorin väliseen kaapelointiin antaen erinomaisen suojan sähkömagneettiselta säteilyltä. EMCMK-kaapelin maadoitusjohdinjärjestelmä on symmetrinen, jolloin mahdollisten PEN-johtimeen indusoituneiden virtojen summa on nolla.

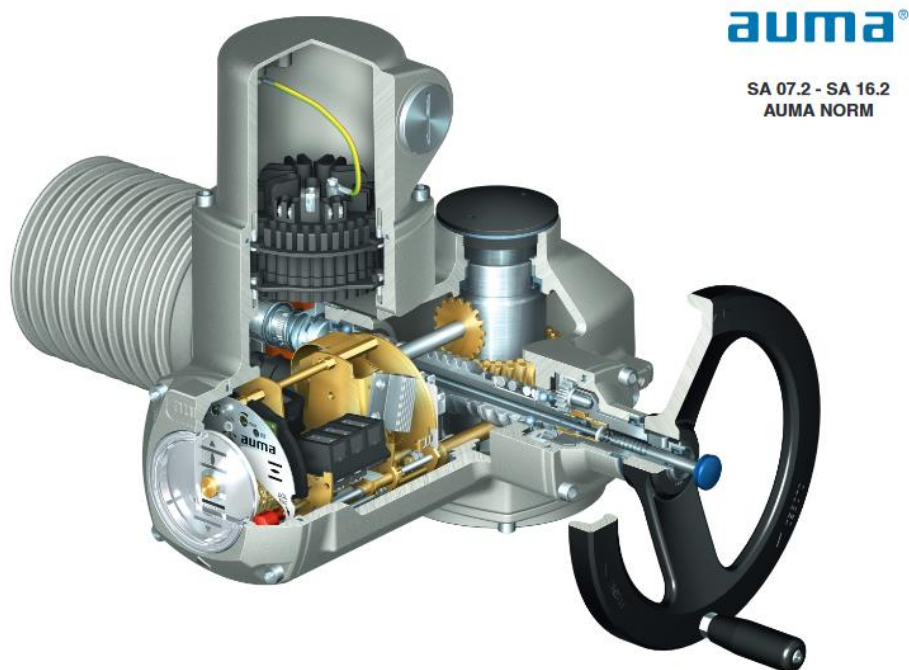
Jotta pieni-impedanssisen yhteismuotoisen virran paluureitti taajuusmuuttajan runkoon toteutuu, kaikissa taajuusmuuttajan ja sähkömoottorin välisissä liitoksissa käytetään 360°:n EMC-liitoksia. Lisäksi moottoreiden rungot maadoitetaan erikseen 16mm²:n kuparikaapelilla mahdollisten moottorin runkoon indusoituvien yhteismuotoisten jännitteiden hallitun purkautumisreitin varmistamiseksi.

Akselin maadoitusvirran estämiseksi moottoriakselin ja pumppuakselin välissä käytetään eristävää kumikytkintä, jolla saadaan katkaistua mahdollinen akselin maadoitusvirta, mikä osaltaan estää yhteismuotoisten laakerivirtojen syntymisen.

6 PUMPPAAMON SÄHKÖTOIMILAITTEET

Prosessitekniset järjestelmät siirtävät nesteitä, kaasuja, höyryjä ja rakeita putkilinjoja pitkin. Teollisuusventtiilit huolehtivat näiden putkilinjojen avaamisesta ja sulkemisesta tai virtauksen säätämisestä näiden linjojen sisällä. Jotta venttiileitä voitaisiin ohjata ja säätää etänä, on venttiilit varustettava sähkötoimilaitteilla. Tällöin sähkötoimilaitteilla varustettuja venttiileitä voidaan ohjata automaatiojärjestelmän kautta. (15, s. 8.)

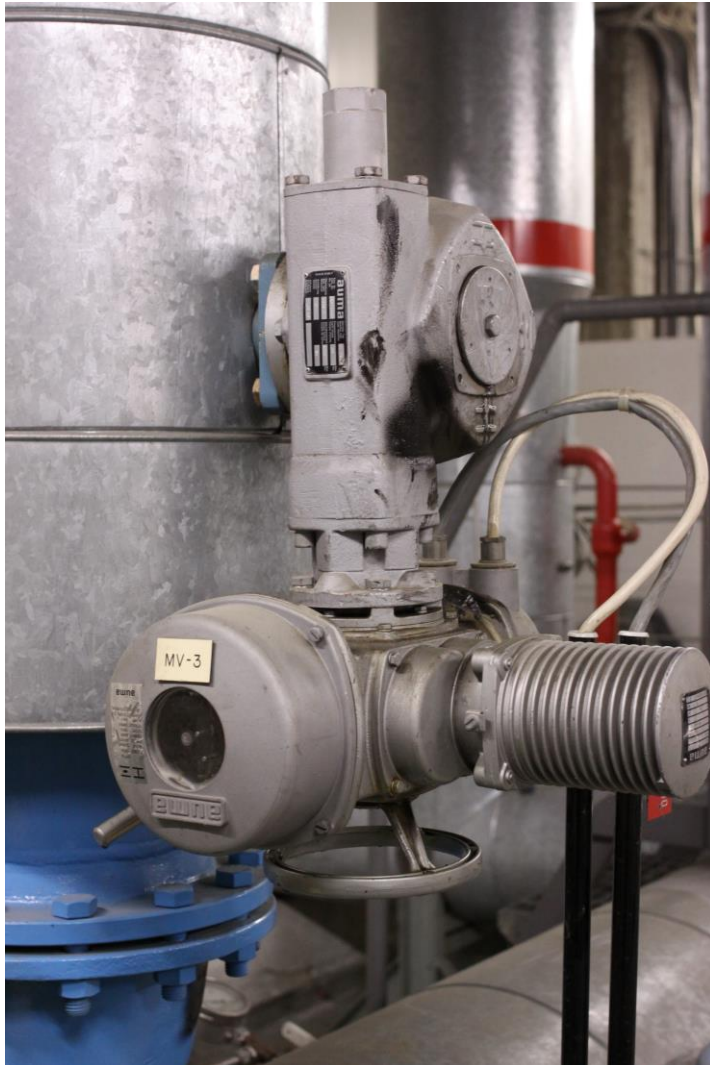
Sähkötoimilaite on erityisesti tähän tarkoitukseen kehitetty ja venttiilien automaatioon mitoitettu sähkömoottorin ja vaihteen yhdistelmä, joka tuottaa luisti-, läppä-, pallo- tai istukkaventtiiliin liikuttamiseen vaadittavan vääntömomentin. Toimilaitteeseen kuuluvan käsipyörän ansiosta venttiiliä voi liikuttaa myös käsin. AUMA -toimilaitteissa (SA, SAR) (kuva 13) on sisäänrakennettu suojausmekanismi nk. "kellokojeisto", joka valvoo asetettuja raja-arvoja. Toimilaitteen "kellokojeisto" mittaa venttiilin asentoa ja suojaa toimilaitteen sekä venttiilin rikkoutumisen vääntömomentin rajoittimella. Ohjausyksikkö käsittelee nämä tiedot ja käynnistää tai pysäyttää tämän perusteella toimilaitteen moottorin. (15, s. 8.)



KUVA 13. AUMA-sähkötoimilaite SA 07.1 – SA 16.1 (16).

6.1 Laanilan pumppaamon kaukolämpöpumppaamon sulkuventtiilien toimilaitteet

Laanilan pumppaamon kaukolämpöputkiston sulkuventtiilien ohjaus on toteutettu AUMA-sähkötoimilaitteilla (kuva 14). Tilassa olevat toimilaitteet edustavat ikänsä puolesta eri vuosia ja vuosikymmeniä. Kaukolämpöpumppaamon saneeraussuunnittelun kartoitusvaiheessa kyseiset toimilaitteet päätettiin uudistaa päivitettyiksi versioiksi.



KUVA 14. Kaukolämmön paluuputken sulkuventtiili AUMA SA 6 ja kulmavaihdelaatikko AUMA GS100.1

Suunnitteluvaiheessa päädyttiin käyttämään saman laitevalmistajan tuotteita tilaajan aikaisemman kokemuksen perusteella. Samalla yhtenäistettiin sähkötoimilaitekantaa, jolloin voidaan hyödyntää valmiiksi varaosavarastoon hankittujen toimilaitteiden varaosia. Käytettäessä saman laitevalmistajan tuotteita kaukolämpöputkiston venttiileihin ei ole tarvetta tehdä muutoksia toimilait-

teen akselikoon ja kiinnityslaipan muutosten vuoksi, sillä ne säilyvät samoina. Uusiksi toimilaitteiksi valittiin AUMA SA 07.6 -sähkötoimilaitteet ja kulmavaihdelaatikoiksi AUMA GS125.3 -kulmavaihdelaatikot.

AUMA SA 07.6 -sähkötoimilaite tuottaa 20 Nm minimivääntömomentin ja 60 Nm maksimivääntömomentin. Toimilaitteen tuottama vääntömomentti on säädettävissä 20–60 Nm:iin. SA 07.6 -toimilaitteen sähkömoottorin nimellisjännite on 400 VAC ja nimellisteho on 0,2 kW. Sähkömoottorin nimelliskäyttötapa on S2 eli lyhytaikainen käyttö. Laitevalmistajan ilmoittama moottorin yhtäjaksoinen toiminta-aika, jota ei tule ylittää, on 15 minuuttia vakiokuormituksella. Toimilaitteen IP-luokka on IP68 eli pölytiivis ja kestää jatkuvan upotuksen veteen. (17.)

GS125.3 -kulmavaihdelaatikon muuntosuhde on 208:1. Kulmavaihteen primääripuolen maksimimomentti on 110 Nm, sekundääripuolen maksimimomentti 8000 Nm ja IP-luokka on IP68. Se on pölytiivis ja kestää jatkuvan upotuksen veteen 8 metrin syvyyteen, joka on laitevalmistajan ilmoittama syvyys. (17.)

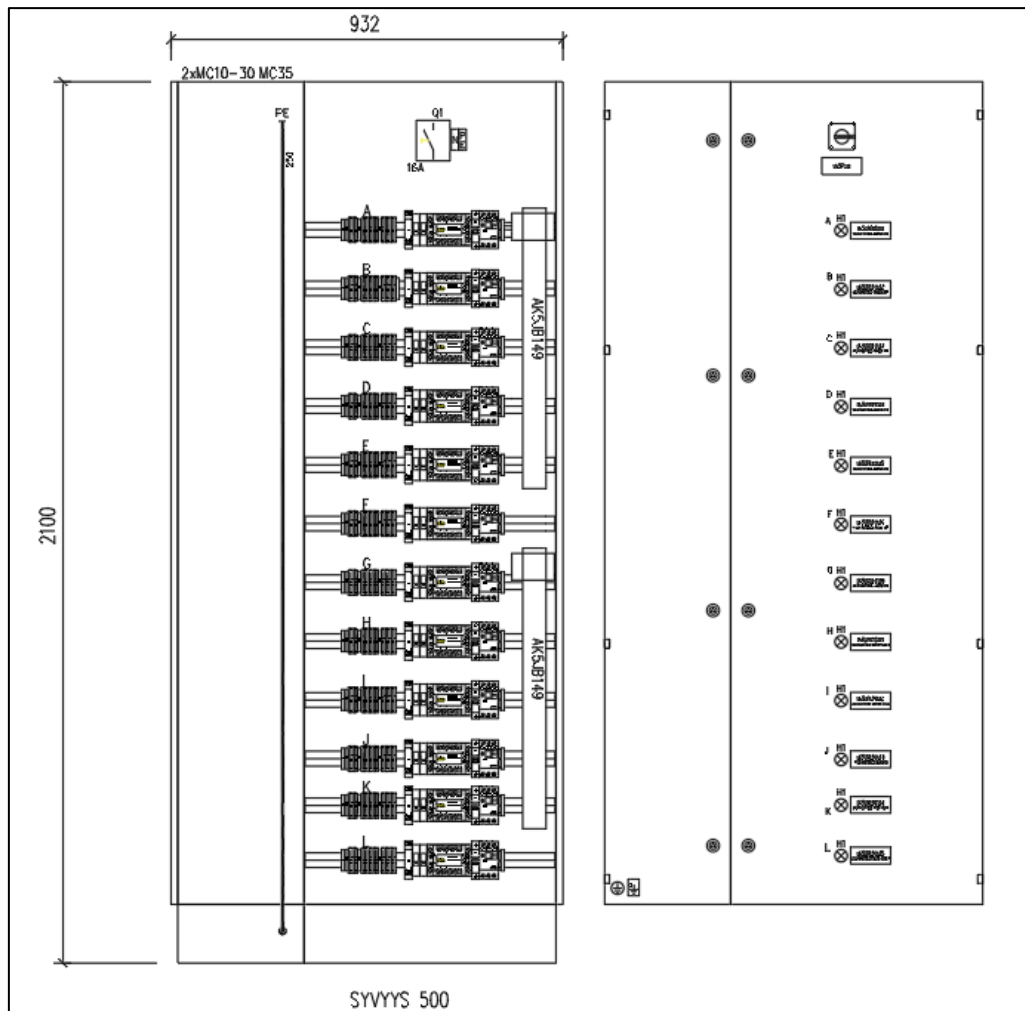
6.2 Laanilan pumppaamon sähkötoimilaitteiden venttiiliohjauskeskus

Toimilaitteiden ohjaamista varten suunniteltiin täysin uudet venttiiliohjauskeskukset, joihin keskitettiin kaikki pumppaamon ja venttiilikaivojen sähkötoimilaitteiden ohjaus- ja automaatiojärjestelmän sähköistys. Muutos on huomattava verrattaessa käytössä olevaan toimilaitteiden ohjaukseen, jossa toimilaitteiden moottorin syöttö on järjestetty pumppaamorakennuksen ryhmäkeskuksesta ja automaatiojärjestelmän ohjaus Allen-Bradley-logiikan kautta.

Nykyinen venttiilien ohjausjärjestelmä on aiheuttanut ongelmia puutteellisen dokumentaation takia, sillä kaikkien toimilaitteiden ohjauksissa käytetyt kontaktorit on asennettu yhdelle asennuslevylle vierekkäin ja vanhat merkinnät ovat ajan saatossa haalistuneet miltei näkymättömiksi. Vuosien saatossa sulkuventtiilien merkintätapa on muuttunut juoksevasta numeroinnista positiokohtaiseen merkintätapaan (vrt. MV-2 = 165UM00S102 ja MV-17 = 165UM19S102). Merkintätapamuutosta ei ole aikanaan toteutettu asiallisesti Laanilan pumppaamolla, jolloin vikatilanteessa on jouduttu tutkimaan vanhoja dokumentaatioita ja selvittämään positiomerkatun toimilaitteen

MV-merkintä, jonka jälkeen kontaktorien laskimisen ja kokeilujen perusteella on löydetty toimilaitteen oikeat kontaktorit. (5.)

Kuvan 15 mukaiset venttiiliohjauskeskukset voidaan rakentaa ennakkoon pumppaamosaneerausta valmistelevana työnä ja siirtää valmiina pumppaamon sähkötilaan. Tämä lyhentää varsinaisen saneeraustyön aikaa ja sähkösaneerauksesta johtuvaa pumppaamon seisakiaikaa. Venttiiliohjauskeskuksia tulee kaksi kappaletta, joissa molemmissa on 12 lähtöä eli kennolähdöt A:sta L:ään. Ohjauskeskuksen oveen jokaisen lähdön kohdalle tulee punainen LED-merkkivalo indikoimaan kyseisen lähdön keskushäiriötä, jolloin viallisen lähdön paikallistaminen nopeutuu. Liitteen 3 sivuilla 1 ja 2 on esitelty toimilaitteiden sähköpiirustukset.

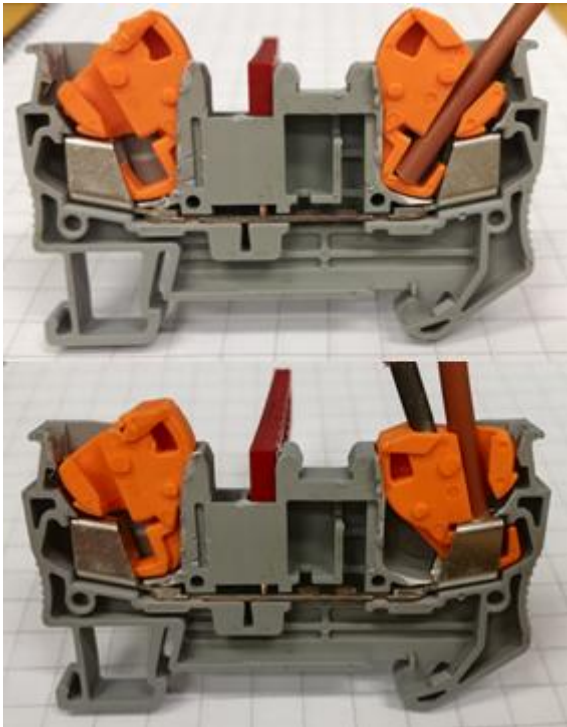


KUVA 15. Suunnitellun venttiiliohjauskeskuksen Layout-kuva.

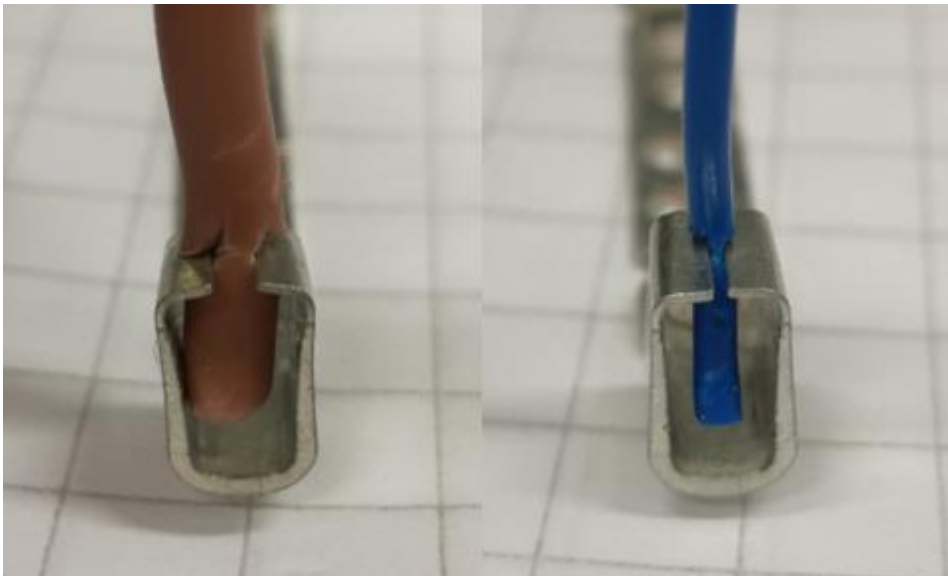
Uusia venttiiliohjauskeskuksia varten tehtiin uudet sähköpiirustukset jokaisen toimilaitteen ohjauksesta. Vanhojen toimilaitteiden sähkö- ja automaatiokuvia ei voinut hyödyntää uusissa ohjauskeskuksissa uusien ja vanhojen toimilaitteiden eroavaisuuksien takia.

Uudet sähkötoimilaitelähdöt suunniteltiin käyttäen Schneider Electricin moottorisuojakytkintä ja suunnanvaihtokontaktorina Carlo Gavazzin puolijohdekontaktoria. Puolijohdekontaktorilla mahdollistetaan toimilaitteiden moottoreiden pyörimissuunnan vaihtaminen samalla kontaktorilla. Kyseinen kontaktori säästää venttiiliohjauskaapin lähtökennosta tilaa noin puolet verrattuna perinteiseen kahdella erillisellä kontaktorilla toteutettuun suunnanvaihtokytkentään. Suunnanvaihtokontaktorin ohjaus suunniteltiin toimimaan kahdella RELECO C10–A10BX -releellä, joita ohjataan 24 V:n tasajännitteellä. Releille tarvittava ohjausjännite saadaan VALMET DNA-automaatiojärjestelmän korttikanavalähdöistä.

Venttiiliohjauskaapin sisäisten johdotusten ja kentältä tulevien kaapeleiden kytkemistä varten valittiin käytettäväksi Phoenix Contactin QTC 2.5-riviliittimet (kuva 16). QTC-liittimiin päädyttiin niiden käytännöllisyyden takia, sillä kyseiset liittimet toimivat ns. leikkuuperiaatteella, jossa kuorimatonta johdinta työnnetään liittimen aukkoon ja ruuvimeisselillä taittamalla lukitaan paikalleen, jolloin liittimen sisällä oleva hahlo kuorii johtimen kontaktipintoja vasten (kuva 17). QTC 2.5-liitin mahdollistaa 0,5 mm² – 2,5 mm² poikkipinta-alaisen johtimen kytkemisen. Tällöin ei tarvita erillisiä riviliittimiä ohjauskaapeleita ja instrumentointikaapeleita varten.



KUVA 16. QTC-liittimen toiminnan havainnekuva 2,5 mm² johtimella.



KUVA 17. QTC-Liittimen hahlo havainnekuva 2,5 mm² ja 0,5 mm² johtimilla.

7 MITTAINSTRUMENTIT

Mittainstrumentit ovat teollisuuden komponentteja, jotka antavat tärkeää informaatiota prosessin laadusta. Saatujen mitta-arvojen pohjalta prosessinhoitaja osaa tehdä prosessiin tarvittavia muutoksia halutun laadun takaamiseksi. Mittalaitteita on monia erilaisia kuten mm. paine-, virtaus-, lämpötila-, ultraääni-, viskositeetti- ja tiheyden mittalähettimet sekä erilaiset analysaattorit, kaasukromatografiat ja turvallisuuden liekin- ja kaasunvalvontalaitteistot.

7.1 Laanilan pumppaamon mittainstrumentit

Laanilan pumppaamossa on käytössä paineen, paine-eron, virtauksen ja lämpötilan mittauksessa käytettäviä mittainstrumentteja. Osa mittalaitteista on vaihdettu uusiin nykyaikaisiin mittalaitteisiin vanhojen rikkoutuneiden tilalle, mutta pumppaamolla on toistaiseksi käytössä joitain vanhoja mittalaitteita (kuva 18). Suunnittelun alussa sovittiin tilaajan kanssa, että kaikki mittainstrumentit uusitaan, mukaan lukien aiemmin uusitut mittainstrumentit. Käyttökelpoiset uudemmat mittainstrumentit siirretään varaosastovarastoon odottamaan käyttöä.



KUVA 18. Laanilan pumppaamossa käytössä olevat painelähettimet.

Suunnittelun aikana päädyttiin käyttämään Rosemount 3051-sarjan mittainstrumentteja paineen, paine-eron ja virtauksen mittaukseen (kuva 19). Rosemount 3051-sarjan mittainstrumenttilaitteet ovat passiivisia, jolloin laitteille ei tarvitse syöttää erikseen käyttöjännitettä vaan tarvittava käyttöjännite saadaan automaatiojärjestelmän korttikanavalähdöistä.



KUVA 19. Rosemount 3051-sarjan painelähetin (18).

Lämpötilamittaukset kaukolämpöverkosta, pumppaamorakennuksesta ja venttiilikaivoista suunniteltiin toimiviksi SKS Automaatio Oy:n valmistamilla PT-100 antureilla ja ohjelmoitavilla lämpötilalähettimillä. SKS Automaatio Oy:n tuotteet valittiin tilaajan aikaisemman kokemuksen perusteella. Oulun Energian muissa kohteissa on käytössä samoja mittainstrumentteja, jolloin tarvittavia varaosia ja vaihtolaitteita on valmiiksi hankittuna varaosavarastoon.

7.2 Laanilan pumppaamolle valitut mittainstrumentit

Pumppaamolla tarvitaan kolme paine-eromittausta, kaksi virtausmittausta, kahdeksan painemittausta ja neljä lämpötilamittausta, joista kaksi kaukolämpöverkon mittaukseen. Kaukolämpöverkon menolinjan normaali lämpötilan vaihteluväli on $+70\text{ °C} - +120\text{ °C}$ ja paineen normaali vaihteluväli 3 – 12 baria. Paluulinjan normaali lämpötilan vaihteluväli on $+35\text{ °C} - +60\text{ °C}$ ja paineen normaali vaihteluväli 2,4 – 7,6 baria. (19.)

Lämpötila ja paine eivät asettaneet mitään rajoitteita kaukolämpöverkkoon asennettavien lämpötila-antureiden valitsemiseksi. SKS Automaatio Oy:n PT-100 antureiden maksimikäyttölämpötila on $+550\text{ °C}$. Anturit asennetaan erilliseen suojataskuun kaukolämpöputken sisälle, jolloin paine ei vaikuta anturin toimintaan. (20, s. 3.) Lämpötila, paine ja lähettimen informaatiolähdöt asettivat rajoitteet painelähettimien valintaan. Kaikki valitut painelähtimet lähettävät 4–20mA:n virtaviestin automaatiojärjestelmään, jossa virtaviestit muutetaan painetiedoiksi tai virtaustiedoiksi. Kaukolämpöveden lämpötilan vaikutukset mittauksessa on huomioitava mittalaipan materiaalien vuoksi. Tiivisteiden, täytönesteen ja erotuskalvon lämpötilasta johtuvat muutokset on otettava huomioon painelähetintä valittaessa ja viritettäessä.

Paineen mittauksessa valittujen painelähettimien painealue on 0–55,2 bar ja kyseiset painelähtimet viritetään toimimaan 0–16 barin alueelle. Tällöin virtaviesti skaalataan automaatiojärjestelmässä vastaamaan viritettyä toiminta-alueita eli 0 bar = 4 mA ja 16 bar = 20 mA. Paine-eron mittauksessa käytettävien painelähettimien painealue on 0–20,7 bar ja kyseiset painelähtimet viritetään 0–6 bariin ja skaalataan samalla periaatteella kuin paineen mittauksessa käytetyt lähtimet. Virtauksen mittaukseen käytettyjen painelähettimien painealue on 0–622,7 mbar ja kyseiset lähtimet viritetään 0–163 mbariin ja skaalataan samalla periaatteella kuin paineen mittauksessa käytetyt lähtimet.

Paineen mittaaminen perustuu absoluuttisen paineen mittaamiseen, jossa kaukolämpölinjan painetta verrataan normaaliin ilmanpaineeseen. Virtauksen ja paine-eron mittauksessa käytetty toimintaperiaate on erilainen kuin paineen mittauksessa. Virtauksen ja paine-eron mittauksessa kaukolämpöputken sisälle asennetaan mittalaippa (kuva 20), joka mittaa painetta mittalaipan ”kuristimen” molemmin puolin, tällöin saadaan aikaan paine-ero. Saatua arvoa verrataan käyttö-

kohteen mukaan joko toiseen paine-eromittaukseen saaden kahden pisteen välinen paine-ero tai virtausmittauksessa nollakohtaan, jolloin saadaan virtauksen nopeus.



KUVA 20. Rosemount 3051C painelähetin ja paine-eron mittaukseen käytettävä mittalaippa (18).

Suunnittelun aikana valittujen painelähettimien tekniset erittelyt on esitetty liitteessä 5.

8 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Automaatiojärjestelmien avulla automatisoidaan jokin tuotantoprosessi tai osa siitä. Automaatiojärjestelmät voivat suorittaa muitakin tehtäviä, kuten raportointi ja historiatiedon keruu. Automaatiojärjestelmä kerää prosessista mittaustietoa. Mittaustiedot esitetään operaattorille valvomopöytänteillä. Automaatiojärjestelmän avulla operaattorilla on saatavilla käsiteltyä tietoa prosessin tilasta. Kerätyn tiedon perusteella automaatiojärjestelmä tekee tarvittavat säädöt automaattisesti tai operaattorille esitetään tietoa mahdollisimman paljon, että hän pystyy tekemään oikeita päätöksiä tai puuttumaan automaatiojärjestelmän toimintaan. (9, s. 613.)

Laanilan pumppaamossa on käytössä Allen-Bradleyn valmistama Flex I/O-logiikka, jonka ohjaus on keskitetty Toppilan voimalaitosten valvomoon osaksi kaukolämpöverkon hallintaa. Opinnäytetyön kartoitusvaiheen alussa työn tilaajan kanssa päätettiin, että vanha Allen-Bradley-automaatiojärjestelmä hävitetään ja tilalle otetaan Valmet DNA -automaatiojärjestelmä. Valmet DNA-järjestelmään päädyttiin tilaajan halusta yhtenäistää tuotantolaitosten ja pumppaamojen automaatiojärjestelmät ja varaosien käyttömahdollisuus.

Kenttälaitteiden liittämiseksi Valmet DNA-automaatiojärjestelmään käytettiin Valmetin ACN M80-sarjan kenttäliitäntäkaappia. Kyseisessä kaapissa kenttälaitteilta tulevat instrumenttikaapelit yhdistetään XW-liitinlevyille. XW-liittimiltä tehdään ristikytkeä CWX-liitinlevyille, joilta kytkeydytään I/O-yksiköille. I/O-yksiköllä on 16 korttipaikkaa ja jokaisessa korttipaikassa on 8 kanavaa. (21.) Pumppaamon kenttälaitteiden kytkemisessä automaatiojärjestelmään käytettiin neljänlaisia I/O-kortteja: DI8P-, DO8P-, AI8C- ja AO4C-kortteja.

Suunnittelun aikana jokaiselle kenttälaitteelle määriteltiin oma kanavapaikka Valmet DNA-automaatiojärjestelmässä. Varsinaista automaatiojärjestelmän sovellusohjelmointia opinnäytetyö ei sisältänyt. Liitteessä 7 on esitetty suunniteltu Valmetin valmistama automaatiokaappi. Kuvasta poiketen CXW- ja XW-liittimet on korvattu CXS- ja XS-liittimillä, jotka ovat jousivoimaliittimiä kieroliitosliittimien sijaan.

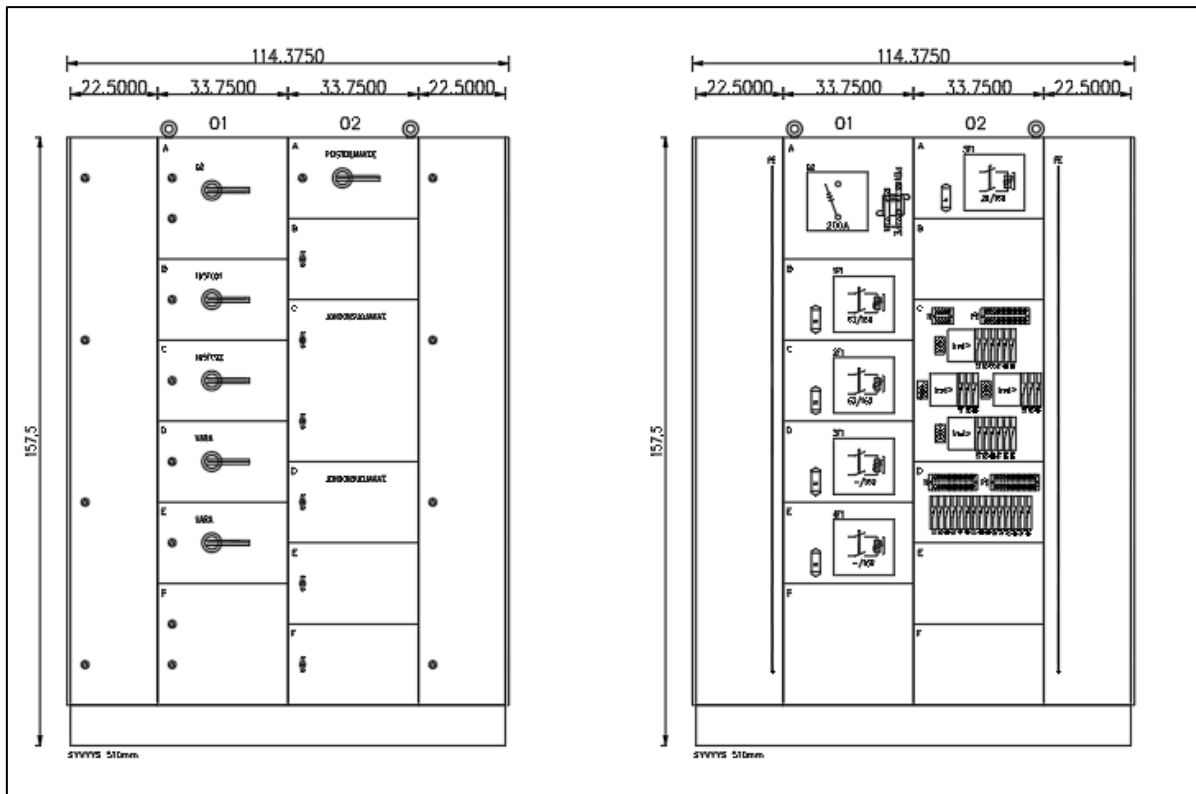
9 RYHMÄKESKUS

Sähkön jakamiseen kiinteistöissä käytetään ryhmäkeskusta. Ryhmäkeskuksessa kiinteistöjen sähköt on jaettu eri ryhmiin kolmelle vaiheelle, jolloin vaiheiden kuormitus saadaan mahdollisimman symmetriseksi eli tasasuhtaiseksi. Sähköryhmät voivat olla esim. valaistus-, pistorasia- ja lämmitysryhmiä. Jokaista ryhmää suojaa erillinen ryhmävaroke, joka mitoitetetaan johtimen kuormitusvirran ja oletetun maksimikuorman perusteella (9, s. 501–536.)

Tämän opinnäytetyön alussa kartoitettaessa Laanilan pumppaamolle tehtävän sähkösaneeraus suunnitelman laajuutta tilaajan kanssa päätettiin, että käytössä olevasta ryhmäkeskuksesta luovutaan ja tilalle suunnitellaan uusi ryhmäkeskus. Suurin syy käytössä olevan keskuksen uusimiseen oli useiden vuosien aikana tehtyjen muutosten puutteellinen dokumentaatio. Uusien sähkö- ja automaatio suunnitelmien jälkeen vanha keskus jäi suurimmalta osalta tyhjilleen sähkötoimilaitteiden keskitetyn syötön takia.



KUVA 21. Laanilan pumppaamon ryhmäkeskus.



KUVA 22. Suunniteltu uusi Laanilan pumppaamon ryhmäkeskus.

Suunnitellussa keskuksessa on lähdöt kahdelle venttiiliohjauskaapille sekä kaksi valmista lähtövarausta 160A:n kahvasulakepohjalla varustettuina. Valaistus- ja pistorasiaryhmille on useampia vikavirtasuojilla ja johdonsuojakatkaisijoilla varustettuja ryhmiä. Keskukseen suunniteltiin myös pelkillä johdonsuojakatkaisijoilla varustettuja lähtöjä mahdollisten kiinteästi asennettavien laitteiden varalle, esimerkiksi ulkoista syöttöä tarvitsevat mittainstrumentit tai lämmityselementit. Uusi ryhmäkeskus on fyysisen kokonsa puolesta kolmanneksen pienempi vanhaan verrattuna. Suunniteltuun keskukseseen jätettiin riittävä varaus mahdollisten laajennustarpeiden vuoksi.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia uudet sähkö- ja automaatio suunnitelmat Laanilan kaukolämpöpumppaamon mahdollista kokonaisvaltaista sähkö saneerausta varten. Saneeraussuunnitelmaa varten tuli laatia kustannusarvio Oulun Energialle pumppaamon sähkö saneerauksen laitteisto- ja välineistökustannuksista. Kustannusarviota ei esitetä tässä opinnäytetyössä.

Kokonaisen pumppaamon sähkö- ja automaatio suunnitelman laatiminen oli suhteellisen laaja-alainen projekti, joka vaati perehtymistä useisiin erilaisiin menetelmiin ja ratkaisuihin, sekä vaati tuntemusta kaukolämpöpumppaamon toiminnasta ja sen etäohjauksesta. Pumppaamon sähkö saneerauksen suunnittelussa tulee tehdä laaja alkutilannekartoitus pohjautuen vanhan pumppaamon tilanteeseen ja saataviin dokumentteihin. Tavoitteena oli saada kattava kuva pumppaamon nykytilanteesta.

Suunnittelun aikana on ajan säästön kannalta ratkaisevaa arvioida, mitä voidaan tehdä ja toteuttaa valmistelevana työosuutena ennen varsinaisen saneerauksen alkamista. Saneeraus tapahtuu toteutuessaan kesäaikana, jolloin kaukolämmön tarve on vähäisintä. Tällöin saneeraukseen voidaan varata aikaa 3–4 kuukautta, jonka aikana vanha laitteisto puretaan ja uusi laitteistokokonaisuus asennetaan sekä käyttöön otetaan.

Suunnittelun aikana isoja haasteita asetti Laanilan kaukolämpöpumppaamoa koskevan dokumentaation puutteellisuus. Suurin osa dokumentaatiosta oli vanhoja tai puutteellisesti piirrettyjä, jolloin kohteeseen suoritettujen alkuselvitysten ja lisäselvitysten tarve osoittautui erittäin tarpeelliseksi. Vanhempien sähköasentajien haastattelut olivat merkittävä osa selvitystyötä.

Opinnäytetyön aikana Oulun Energia päätti rakentaa uuden lämpölaitoksen Laanilan teollisuusalueelle vuoteen 2020 mennessä. Uuden lämpölaitoksen kaukolämmön pumppausteho riittää kattamaan Laanilan kaukolämpöpumppaamon toiminnan lämpölaitoksen käynnissäoloaikana mutta ei määräaikaisen vuosi huollon aikana. Laanilan kaukolämpöpumppaamon sähkö saneeraus toteutetaan arviolta vuonna 2019. Kaukolämpöpumppaamojen samankaltaisuuden vuoksi Oulun Energia voi hyödyntää opinnäytetyötäni muissa kaukolämpöpumppaamojen sähkö- ja automaatio saneeraussuunnitelmissa.

LÄHTEET

1. Oulun Energia Oy - verkkosivut. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi> Hakupäivä 9.11.2017.
2. Oulun Energian yritysesitysmateriaali. Saatavissa: Oulun Energian Intra verkko (Vaati Oulun Energian käyttäjälisenssin) Hakupäivä: 9.11.2017.
3. Laanilan pumppaamon saneeraus dokumentaatio v.1986.
4. Laanilan pumppaamon saneeraus dokumentaatio v.2000.
5. Sähköautomaatiokorjaamon henkilökunta. 2017. Oulun Energia, Toppilan voimalaitokset. Haastattelu 21.12.2017.
6. ABB. 2001. Tekninen opas nro. 7, Sähkökäytön mitoitus. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/Tekninen_opasnro7.pdf Hakupäivä: 2.1.2018.
7. Laurila, Jyrki. 2018. Kunnossapitoinsinööri, Oulun Energia – Lämpöpalvelut. Haastattelu 10.1.2018.
8. ABB. 2017. Tarjous Laanilan pumppaamon moottoreista, taajuusmuuttajista ja turvakytkimistä. 28.11.2017.
9. ABB. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. 9. Vaasa.
10. ABB. 2015. ACS 880-taajuusmuuttajat tuoteluettelo. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/cb0da58246ba4a62aaae948d808fcc7d/FI_ACS880_single_drives_3AUA0000124140_RevJ.pdf Hakupäivä: 10.1.2018.

11. ABB. 2016. Hardware manual du/dt filter BOCH-0350A-7 tuote-esite. Saatavilla:
https://library.e.abb.com/public/5cda88dc36a54fb396e02e2a0e745f7b/EN_BOCH_0350A_7_dudt_filter_HW_B_A4.pdf Hakupäivä: 22.2.2018.
12. ABB. 2016. Turvakytkimet tuoteluettelo. Saatavissa:
<https://library.e.abb.com/public/8cbec4ff3bfcf1f1c125760a0023ef46/1SCC340008C1801.pdf>
Hakupäivä: 10.1.2018.
13. ST 51.26. 2012. Rakennuksiin asennettavien koneiden sähkölaitteistojen käyttöönotto menettely. Espoo: Sähkötieto Ry. Saatavilla:
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/577?search=ST%2051.26> (Vaati käyttäjälisenssin) Hakupäivä: 17.1.2018.
14. ABB. 2000. Tekninen opas nro. 5, Laakerivirrat uusissa vaihtovirtakäytöissä. Saatavissa:
<https://library.e.abb.com/public/4afd9ccb5eb991fc1256d280083a4d2/Tekninenopasno5.pdf>
Hakupäivä: 11.1.2018.
15. AUMA. 2017. Sähkötoimilaitteet esite. Saatavissa:
http://www1.auma.com/uploads/media/sp_import2/prospekte/pb_modular_range_fi.pdf Hakupäivä: 16.1.2018.
16. AUMA. 2017. SA 07.1 – 16.1 Sähkötoimilaitteen halkaisukuva. Saatavissa:
http://www1.auma.com/uploads/media/sp_import2/schnittbilder/antriebe/sb_sa2_07_16.pdf
Hakupäivä: 16.1.2018.
17. AUMA. 2017. Tarjous Laanilan kaukolämpöpumppaamon sähkötoimilaitteista ja kulmavaihteista. 08.11.2017.
18. Rosemount 3051-sarjan painelähetin. Saatavissa: www.emerson.com/en-us/catalog/rosemount-3051-coplanar-pressure-transmitter Hakupäivä: 5.2.2018.
19. Töyrä, Kari. 2018. Kaukokäytönhoitoja, Oulun Energia, Toppilan voimalaitokset. Haastattelu 19.1.2018.

20. SKS Automaatio. 2013. Lämpötila-anturit tuotelehti. Saatavilla:

[http://www.sks.fi/www/sivut/E2A17DF1464354E2C2257B6A002E9D02/\\$FILE/SKS_Sensors%C2%AE_Tuotelehdet_2013-09.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/E2A17DF1464354E2C2257B6A002E9D02/$FILE/SKS_Sensors%C2%AE_Tuotelehdet_2013-09.pdf) Hakupäivä: 5.2.2018.

21. Valmet DNA. ACN I/O-automaatiojärjestelmä käyttöopas.

LIITTEET

LIITE 1	ABB- LOW VOLTAGE PROCESS PERFORMANCE MOTORS – CATALOG – s.18
LIITE 2	ABB – TEKNINEN OPAS NRO 5, LAAKERIVIRRAT UUSISSA VAIHTOVIRTA KÄYTOISSÄ – s.7
LIITE 3	SÄHKÖTOIMILAITTEEN PÄÄ- JA OHJAUSKAAVIOT
LIITE 4	TAAJUUSMUUTTAJALÄHDÖN SÄHKÖPIIRUSTUKSET
LIITE 5	EMERSON Oy. 2018. Tarjous Rosemount painelähtetimestä, tekninen erittely
LIITE 6	ABB. 2015. ACS 880-07 -taajuusmuuttaja laiteopas, s.50-52
LIITE 7	Palokangas, Markus. 2018. VALMET. ACN I/O M80-kenttäliitäntäkaap

Ordering information

Explanation of the product code

Motor type	Motor size	Product code	Mounting arrangement code, Voltage and frequency code, Generation code	Variant codes
M3BP	160MLA	3GBP 161 410 - ADG		003,etc.
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14		

Positions 1 to 4

3GBP Totally enclosed fan cooled squirrel cage motor with cast iron frame

Positions 5 and 6

IEC size	IEC size
07: 71	20: 200
08: 80	22: 225
09: 90	25: 250
10: 100	28: 280
12: 112	31: 315
13: 132	35: 355
16: 160	40: 400
18: 180	45: 450

Position 7

Speed (Pole pairs)

1: 2 poles
2: 4 poles
3: 6 poles
4: 8 poles
5: 10 poles
6: 12 poles
7: > 12 poles
8: Two-speed motors for fan drive motors for constant torque
9: Multi-speed motors, two-speed

Positions 8 to 10

Serial number

Position 11

-(dash)

Position 12 (marked with black dot in data tables)

Mounting arrangement

A: Foot-mounted, top-mounted terminal box
R: Foot-mounted, terminal box RHS seen from D-end
L: Foot-mounted, terminal box LHS seen from D-end
B: Flange-mounted, large flange
C: Flange-mounted, small flange (sizes 71 to 112)
H: Foot- and flange-mounted, terminal box top-mounted

Position 12 (marked with black dot in data tables)

J: Foot- and flange-mounted, small flange with tapped holes
S: Foot- and flange-mounted, terminal box RHS seen from D-end
T: Foot- and flange-mounted, terminal box LHS seen from D-end
V: Flange-mounted, special flange
F: Foot- and flange-mounted. Special flange

Position 13 (marked with black dot in data tables)

Voltage and frequency

Single-speed motors

B: 380 VΔ 50 Hz
D: 400 VΔ, 415 VΔ, 690 VY 50 Hz
E: 500 VΔ 50 Hz
F: 500 VY 50 Hz
S: 230 VΔ, 400 VY, 415 VY 50 Hz
T: 660 VΔ 50 Hz
U: 690 VΔ 50 Hz
X: Other rated voltage, connection or frequency, 690 V maximum

Position 14

Generation code

A, B, C...K: The product code must be, if needed, followed by variant codes.

Efficiency values are given according to IEC 60034-2-1; 2014

For detailed dimension drawings please see our web-pages 'www.abb.com/motors&generators' or contact ABB.

Laakerivirtojen muodostuminen

***Suurtaajusten
laakerivirtojen
muodostuminen***

Laakerivirtoja synnyttää laakerin yli indusoituva jännite. Suurtaajuisia laakerivirtoja aiheuttava jännite voi syntyä kolmella eri tavalla. Muodostumistapa riippuu ennen kaikkea moottorin koosta sekä moottorin rungon ja akselin maadoitustavasta. Kaapeloinnin toteutustavalla, oikealla kaapelityypillä ja asianmukaisilla maadoitusjohtimien sekä suojavaippojen kytkennöillä, on tärkeä merkitys laakerivirtojen ehkäisyssä. Vaihtovirtakäytön tehokomponenttien du/dt -arvo ja tasajännitevälipiirin jännite vaikuttavat myös laakerivirtojen määrään.

Kiertävä virta

Suurissa moottoreissa staattoria kiertävä suurtaajuinen vuo indusoi suurtaajuisen jännitteen moottorin akselipäiden välille. Tämän suurtaajuisen vuon aiheuttaa käämityksestä staattorin runkoon kulkevien kapasitiivisten vuotovirtojen epäsymmetria. Jos akselin päiden välille indusoitunut jännite on riittävän suuri, se kumoo laakereiden öljykalvon impedanssin, jonka seurauksena vuota staattorissa kompensoiva virta alkaa virrata akselin, laakereiden ja staattorin rungon muodostamaan virtapiiriin. Kyseessä on kiertävä suurtaajuinen laakerivirta.

***Akselin-
maadoitusvirta***

Staattorin runkoon vuotavan virran on virrattava takaisin vaihtosuuntaajaan, joka on virran lähde. Kaikki paluureitit sisältävät impedanssia ja siksi moottorin rungon jännite kasvaa lähdemaan tasoon verrattuna. Jos moottorin akseli on maadoitettu käytettävän laitteen kautta, moottorin rungon jännitteen kasvu näkyy laakereissa. Jos jännite kasvaa tarpeeksi suureksi, se voi ylittää laakereiden öljykalvon impedanssin ja osa virrasta voi vuotaa laakerin, akselin ja käytettävän laitteen kautta takaisin vaihtosuuntaajaan. Tällaista suurtaajuista laakerivirtaa kutsutaan akselinmaadoitusvirraksi.

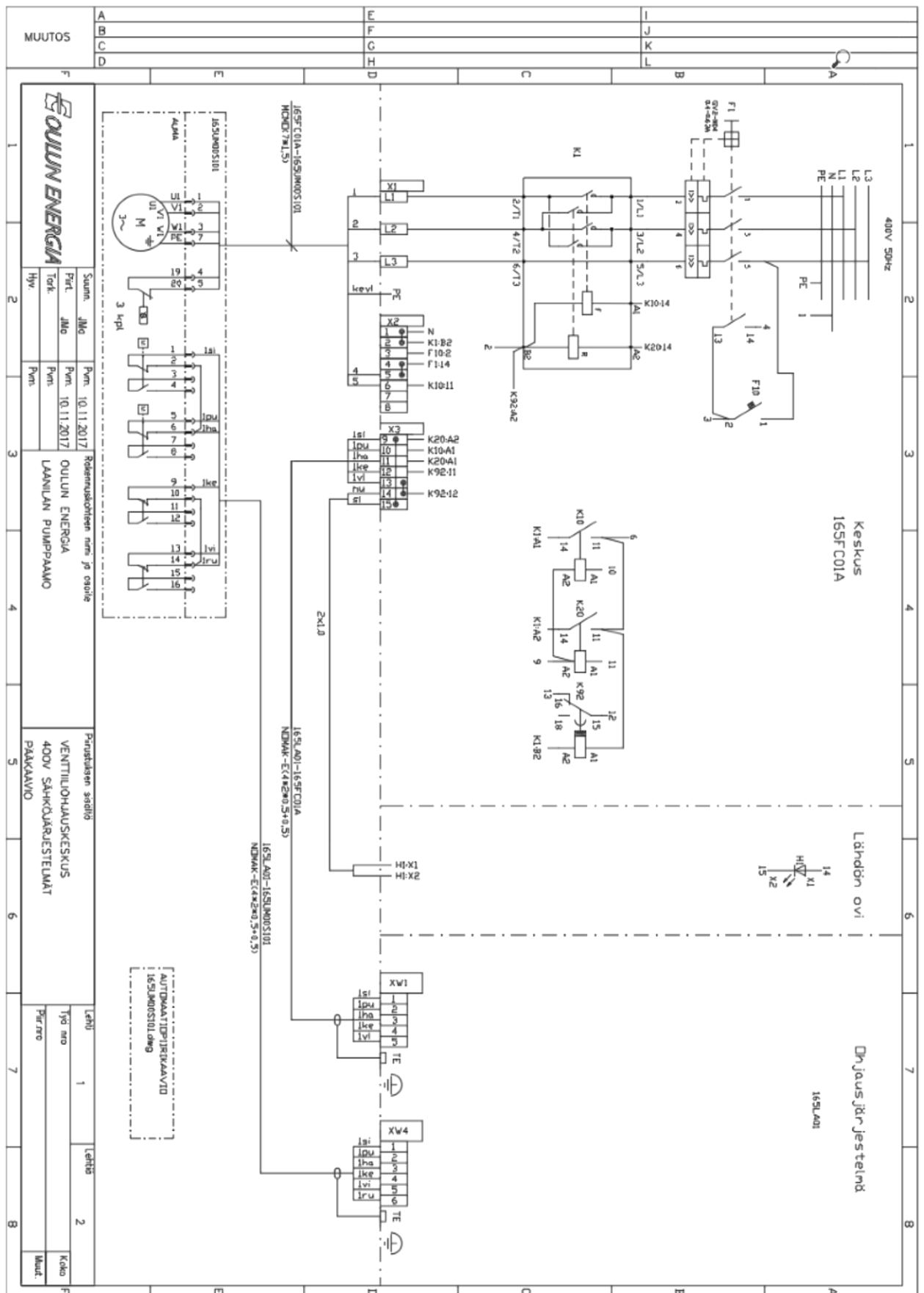
***Kapasitiivinen
purkausvirta***

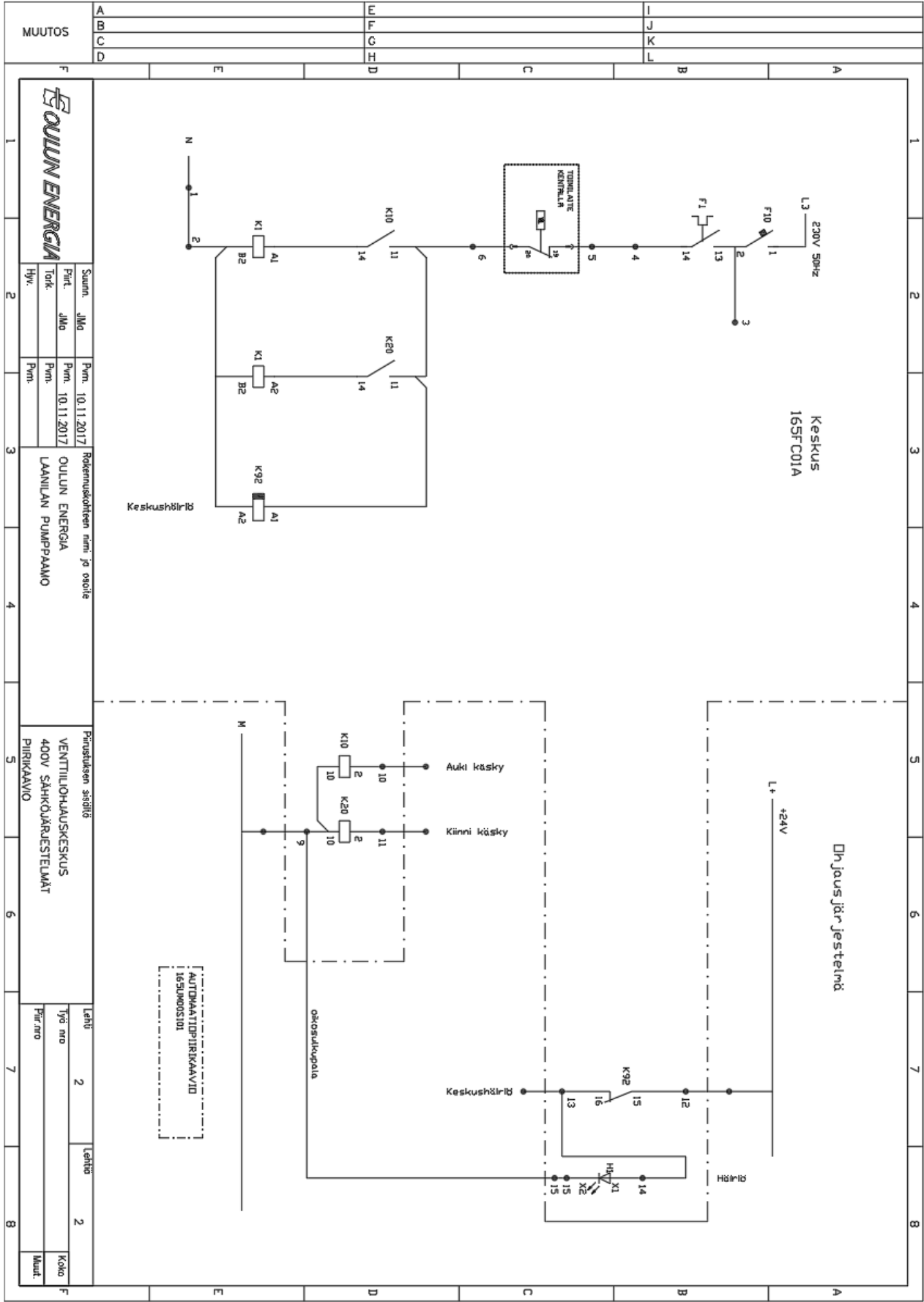
Pienissä moottoreissa yhteismuotoisen jännitteen sisäinen jännitejakauma moottorin sisäisissä hajakapasitansseissa voi aiheuttaa niin suuria akselijännitteitä, että niiden seurauksena syntyy suurtaajuisia laakerivirtapulsseja. Näin voi tapahtua, jos akselia ei ole maadoitettu käytettävän laitteen kautta, vaikka moottorin runko olisi suojattu maadoituksella normaalisti.

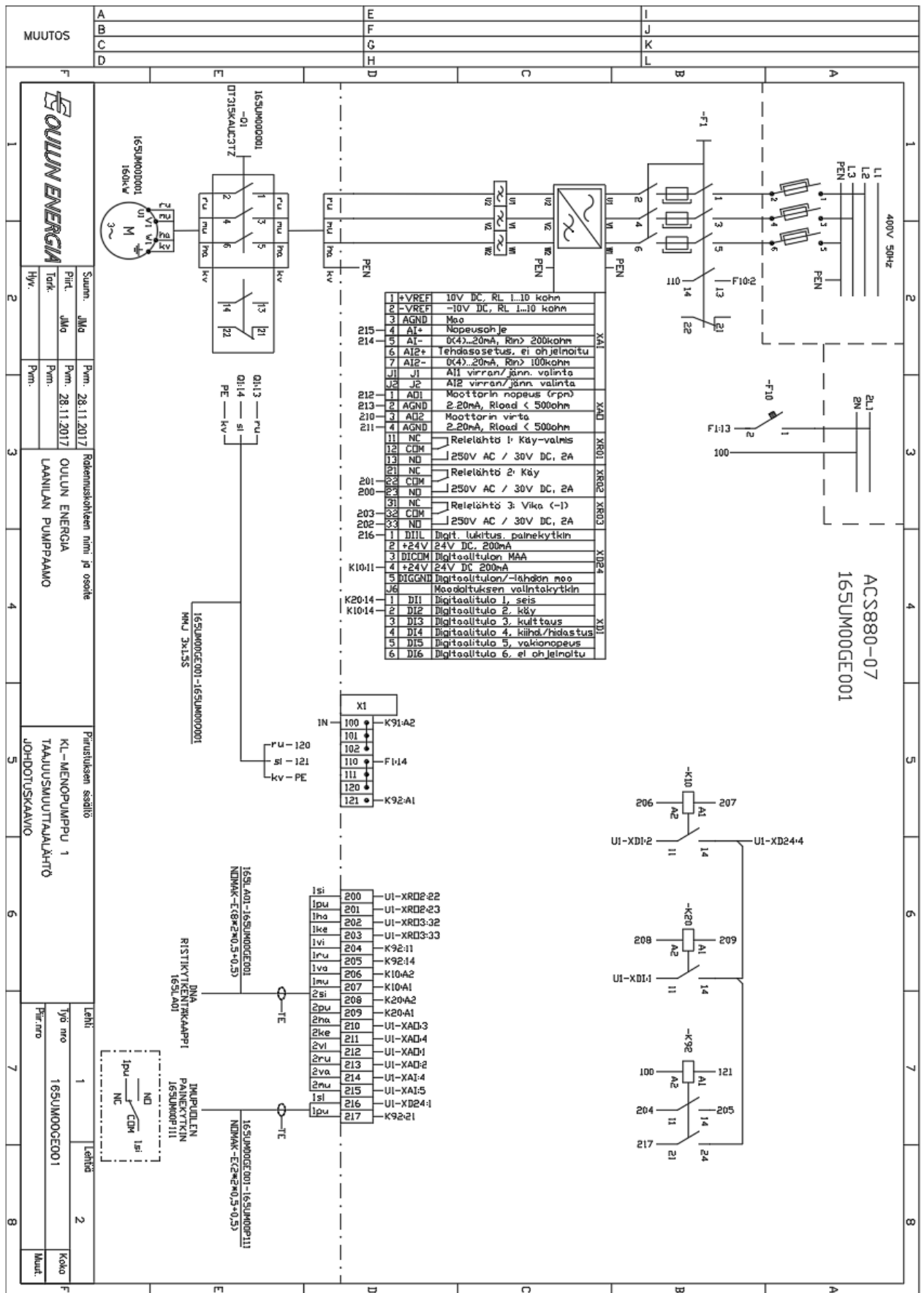
***Yhteismuotoinen
virtapiiri***

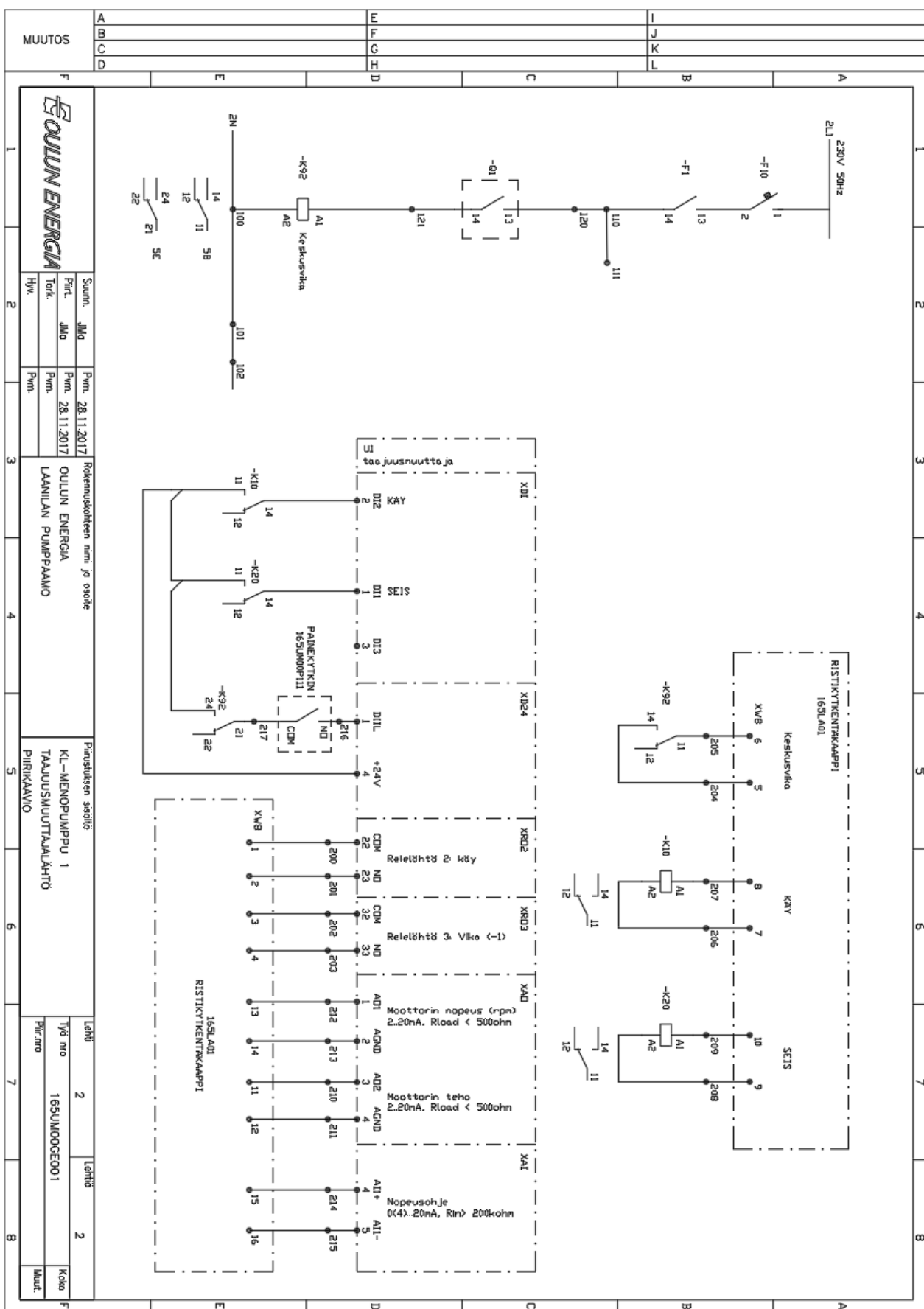
Suurtaajuiset laakerivirrät ovat seurausta virran vuotamisesta vaihtovirtakäyttöjen yhteismuotoiseen virtapiiriin.

Tyypillinen kolmivaiheinen, sinimuotoinen teholähde on symmetrinen normaaleissa olosuhteissa. Tämä tarkoittaa, että kolmen vaiheen vektorisumma on aina nolla. Neutraalijännite on yleensä nolla voltia. Näin ei kuitenkaan ole pulssileveys-moduloidussa teholähteessä, jossa tasajännitteestä tuotetaan kolmivaiheinen jännite. Vaikka lähtöjännitteen perustaajuuskomponentit ovat symmetriset, on mahdotonta









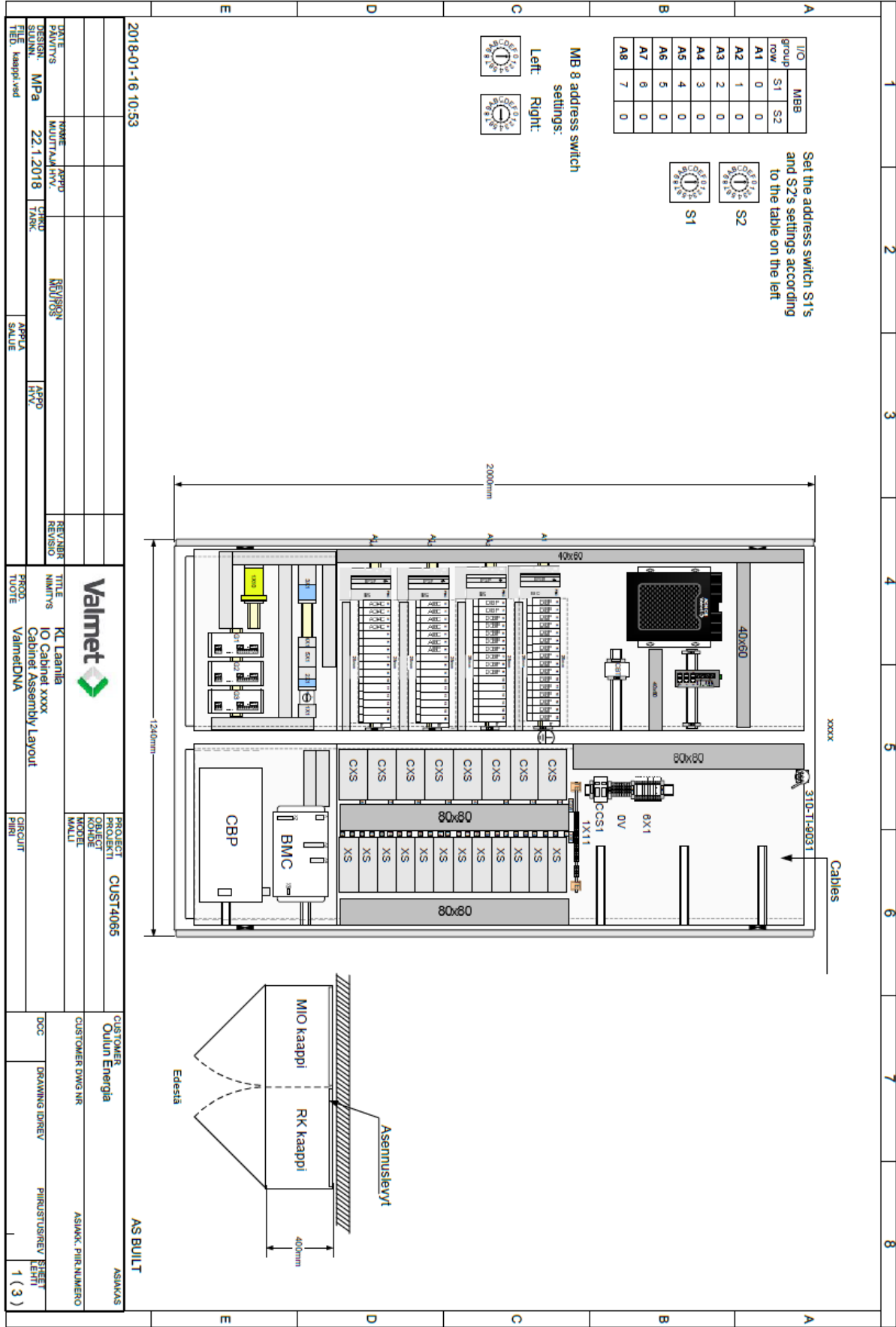
Tekninen erittely

Asiakkaan rivi	Rivi	Määrä	Yksiköt	Kuvaus	Toimitusaika	Yksikköhinta (EUR)	Yhteishinta (EUR)	
	1	12	Kpl	3051TG3A2C21BD4	N. 38 työpäivää			
				3051T Impulssiputkiliitäntäinen painelähetin Rosemount 3051T G Painetyyppi: Ylipaine 3 Mittausalueen yläraja: 800 psi (55.2 bar) A Lähettimen lähtö: 4–20 mA digitaalisignaalin perustuessa HART-protokolla 2C Prosessiliitäntätyyppi: G1/2 A DIN 18288 -ulkokierre (saatavana AISI 316:sta vain alueen 1–4 lähettimein) 2 Erotuskalvon prosessiliitännän kostuvien osien materiaali: AISI 316L AISI 316L 1 Anturin täyttöneste: Silikoni B Kotelomateriaali läpiviennin koko: Alumiini M20 x 1,5 D4 Konfigurointinäppäimet: Analoginen nollaus ja alueen asettelu				
				Määrä/ Konfigurointi	Ensisijainen TAG tyyppi	Ensisijainen TAG	Toissijainen TAG	Virtitys
				1	NAME			0 to 16 BAR G
	2	3	Kpl	3051CD4A22A1BL4D4	N. 20 työpäivää			
				3051C Painelähetin Rosemount 3051C D Mittaustyyppi: Paine-ero 4 Painealue: -300 to 300 psi (20.7 bar) A Lähettimen lähtö: 4–20 mA digitaalisignaalin perustuessa HART-protokolla 2 Prosessilaippatyyppi laippamateriaali tyhjennysventtiili: Yksitasoinen AISI AISI 2 Erotuskalvo: AISI 316L A O-rengas: Lasitäyteinen PTFE 1 Anturin täyttöneste: Silikoni B Kotelomateriaali läpiviennin koko: Alumiini M20 x 1,5 L4 Pulttimateriaali: AISI 316 -pultit D4 Konfigurointinäppäimet: Analoginen nollaus ja alueen asettelu				
				Määrä/ Konfigurointi	Ensisijainen TAG tyyppi	Ensisijainen TAG	Toissijainen TAG	Virtitys
				1	NAME			0 to 6 BAR D
	3	2	Kpl	3051CD2A22A1BL4D4	N. 20 työpäivää			
				3051C Painelähetin Rosemount 3051C D Mittaustyyppi: Paine-ero 2 Painealue: -250 to 250 inH2O (622.7 mbar) A Lähettimen lähtö: 4–20 mA digitaalisignaalin perustuessa HART-protokolla 2 Prosessilaippatyyppi laippamateriaali tyhjennysventtiili: Yksitasoinen AISI AISI 2 Erotuskalvo: AISI 316L A O-rengas: Lasitäyteinen PTFE 1 Anturin täyttöneste: Silikoni B Kotelomateriaali läpiviennin koko: Alumiini M20 x 1,5 L4 Pulttimateriaali: AISI 316 -pultit D4 Konfigurointinäppäimet: Analoginen nollaus ja alueen asettelu				
				Määrä/ Konfigurointi	Ensisijainen TAG tyyppi	Ensisijainen TAG	Toissijainen TAG	Virtitys
				1	NAME			0 to 163 MBAR D
	4	1	Kpl	Käsittelykulut				

KOODI	KUVAUS
Peruskoodit	
ACS880	Tuotesarja
07	Kun mitään lisävarusteita ei ole valittu: kaappiin asennettu taajuusmuuttaja, IP22 (UL-tyyppi 1), pääkuormanerotin (kytkinvaroke, jossa aR-sulakkeet), Assistant-ohjauspaneeli ACS-AP-I, ei EMC-suodinta, tulon DC-kuristin (runkokoot R6...R9), tulon AC-kuristin (runkokoot R10 ja R11), lakatut piirikortit, ACS880-perusohjausohjelma, Safe torque off -toiminto, kaapelointi alakautta, monikielinen laitetarra sekä USB-muistitikku, joka sisältää piirikaaviot ja kaikki oppaat.
Koko	
xxxx	Lisätietoja on taulukoissa sivulla 183
Jännitealue	
3	380...415 V. Ilmoitetaan tyyppikilvessä tyypillisenä syöttöjännitetasona 3 ~ 400 V AC.
5	380...500 V. Ilmoitetaan tyyppikilvessä tyypillisenä syöttöjännitetasona 3 ~ 400/480/500 V AC.
7	525...690 V. Ilmoitetaan tyyppikilvessä tyypillisenä syöttöjännitetasona 3 ~ 525/600/690 V AC.
Lisävarustekoodit (+-koodit)	
Suojausluokka	
B054	IP42 (UL-tyyppi 1)
B055	IP54 (UL-tyyppi 12)
Rakenne	
C121	Laivakäyttö (sivu 44)
C134	CSA-hyväksytty (sivu 45)
C128	Tuloilma pohjan kautta. Vaatii lisävarusteen +B055. Katso sivu 67 .
C130	Ilmanpoistokanava (sivu 44)
C129	UL-hyväksytty sivu 45)
C164	Jalustan korkeus 100 mm (sivu 45) Huomautus: Kun jalustan korkeus on 100 mm, lisävarusteen +B055 kanssa toimitettava IP54-kattokomponentti on pakattu eri pakkaukseen.
C179	Jalustan korkeus 200 mm (sivu 45)
C180	Maanjärityssuunnittelu (sivu 45)
Vastusjarrutus	
D150	Jarrukatkojat (sivu 45)
D151	Jarruvastukset (sivu 45)
Suotimet	
E200	EMC-suodin toisen käyttöympäristön (maadoitettuun) TN-verkkoon, kategoria C3. Katso sivu 45 .
E201	EMC-suodin toisen käyttöympäristön (maadoittamattomaan) IT-verkkoon, kategoria C3 Katso sivu 45 .
E202	EMC-suodin ensimmäisen käyttöympäristön (maadoitettuun) TN-verkkoon, kategoria C2. Katso sivu 45 .
E205	du/dt-suodin (sivu 46)
E210	EMC-suodin toisen käyttöympäristön (maadoitettuun/maadoittamattomaan) TN- ja IT-verkkoon, kategoria C3. Katso sivu 45 .
E206	Sinilähtösuodin (sivu 46)
E208	Common mode -suodin (sivu 46)
Verkkolisävarusteet	
F250	Pääkontaktori
F277	Laippakiinnitetty kytkin kompaktikatkaisijoita varten, vain Yhdysvallat
F289	Kompaktikatkaisija, vain Yhdysvallat

KOODI	KUVAUS
Lämmittimet ja apuohjausjännite	
G300	Kaapin lämmitin (ulkoinen syöttö). Katso sivu 46.
G307	Liittimet ulkoisen ohjausjännitteen kytkemiseen (230 V AC tai 115 V:n keskeytymätön tehonsyöttö)
G313	Moottorilämmittimen lähtö (ulkoinen syöttö)
Valot	
G301	Kaapin valaistus
G327	Valmis-merkkivalo, valkoinen
G328	Käy-merkkivalo, vihreä
G329	Vika-merkkivalo, punainen
Materiaalit	
G330	Halogeeniton kaapelointi ja materiaalit. Ei saatavana lisävarusteiden +C129 ja +C134 kanssa.
Mittarit	
G334	V-mittari, jossa valitsin
G335	A-mittari yhdessä vaiheessa
Kaapeleiden merkinnät	
G340	Katso kohta <i>Johdinten lisämerkinnät (lisävarusteet +G340 ja +G342)</i> sivulla 47.
G342	
Kaapelointi	
H350	Alakautta sisään (vain lisävarusteen +C129 kanssa)
H352	Alakautta ulos (vain lisävarusteen +C129 kanssa)
H351	Kaapelointi yläkautta (sisältyy lisävarusteeseen +C129)
H353	Kaapelointi ulos yläkautta (sisältyy lisävarusteeseen +C129)
H356	Tasavirtakaapeliin kytkentäkiskot
H358	Kaapeliläpivienti (sisältyy lisävarusteisiin +C129 ja +C134). Katso sivu 47.
Kenttäväyläsovittimet	
K451	FDNA-01 DeviceNet™-sovitinmoduuli
K452	FLON-01 LonWorks®-sovitinmoduuli
K454	FPBA-01 PROFIBUS DP -sovitinmoduuli
K457	FCAN-01 CANopen-sovitinmoduuli
K458	FSCA-01 RS-485-sovitinmoduuli
K462	FCNA-01 ControlNet™-sovitinmoduuli
K469	FECA EtherCat-sovitinmoduuli
K470	FEPL EtherPOWERLINK-sovitinmoduuli
K473	FENA-11 Ethernet-sovitinmoduuli EtherNet/IP™-, Modbus TCP- ja PROFINET IO -protokollia varten
K475	FENA-21 Ethernet-sovitinmoduuli EtherNet/IP™-, Modbus TCP- ja PROFINET IO -protokollia varten, kaksi porttia
I/O-laajennukset ja takaisinkytkentäliitännät	
L500	FIO-11 analoginen I/O-laajennusmoduuli
L501	FIO-01 digitaalinen I/O-laajennusmoduuli
L502	FEN-31 HTL-inkrementtianturin liitäntämoduuli
L503	FDCO-01 optinen DDCS-yhteyssovitinmoduuli
L508	FDCO-02 optinen DDCS-yhteyssovitinmoduuli
L504	Lisä-I/O-riviliitin
L505	Termistorirele (yksi tai kaksi kpl)
L506	Pt100-rele (2, 3, 5 tai 8 kpl)

KOODI	KUVAUS
L513	ATEX-sertifioitu lämpösuojaus PTC-antureilla (yksi tai kaksi anturia, vain lisävarusteen +Q971 kanssa)
L514	ATEX-sertifioitu lämpösuojaus Pt100-releillä (2, 3, 5 tai 8 releitä, vain lisävarusteen +Q971 kanssa)
L515	FEA-03 I/O-laajennusmoduuli
L516	FEN-21 resolverin liitäntämoduuli
L517	FEN-01 TTL-inkrementtianturin liitäntämoduuli
L518	FEN-11 TTL-absoluuttianturin liitäntämoduuli
L525	FAIO-01 analoginen I/O-laajennusmoduuli
L526	FDIO-01 digitaalinen I/O-laajennusmoduuli
Moottorin lisäpuhaltimen käynnistin	
M600	Laukaisurajan asetusalue: 1...1,6 A
M601	Laukaisurajan asetusalue: 1,6...2,5 A
M602	Laukaisurajan asetusalue: 2,5...4 A
M603	Laukaisurajan asetusalue: 4...6,3 A
M604	Laukaisurajan asetusalue: 6,3...10 A
Ohjausohjelma	
N7502	Ohjausohjelma reluktanssimoottoreille (SynRM)
N8010	IEC 61131-3 -sovellusohjelmointi
M605	Laukaisurajan asetusalue: 10...16 A
Erikoistilauksesta	
P902	Mukautettu
P904	Laajennettu takuu
P912	Merikelpoinen pakkaus
P913	Erikoisväri
P929	Laatikkopakkaus
Turvatoiminnot	
Q950	Odottamattoman käynnistymisen esto FSO-xx-turvatoimintomoduulilla
Q951	Kategorian 0 hätäpysäytys avaamalla pääkontaktori tai -katkaisija
Q952	Kategorian 1 hätäpysäytys avaamalla pääkontaktori tai -katkaisija
Q954	(Maadoittamattomien) IT-järjestelmien maasulun valvonta
Q957	Odottamattoman käynnistymisen esto turvareleellä
Q963	Luokan 0 hätäpysäytys turvareleellä (ei pääkontaktorin tai katkaisijan avaamista)
Q964	Luokan 1 hätäpysäytys turvareleellä (ei pääkontaktorin tai katkaisijan avaamista)
Q971	ATEX-sertifioitu turvakatkaisutoiminto, EX II (2) GD. Vaatii lisävarusteen +L513 tai +L514.
Q972	FSO-21-turvatoimintomoduuli
Q973	FSO-12-turvatoimintomoduuli
Q978	Hätäpysäytys (voidaan määrittää luokkaan 0 tai 1) FSO-xx-turvatoimintomoduulilla avaamalla pääkatkaisija/kontaktori
Q979	Hätäpysäytys (voidaan määrittää luokkaan 0 tai 1) FSO-xx-turvatoimintomoduulilla aktivoimalla Safe torque off -toiminto
Q982	PROFIsafe FSO-xx-turvatoimintomoduulilla ja FENA-21-Ethernet-sovitinmoduulilla
Painetut asiakirjat (oppaat, mittapiirroksot, piirikaaviot ja oppaan kieli) Huomautus: Toimitettavat oppaat voivat sisältää englanninkielisiä oppaita, jos halutunkielistä käännöstä ei ole saatavilla.	
R700	Englanti
R701	Saksa
R702	Italia



The information contained herein is confidential and proprietary to Metaco Automation and is not to be reproduced, disclosed to a third party, modified or used without a prior permission of Metaco Automation or its duly authorized representative. All rights reserved.